R. L. Drake W. Vogl A. W. M. Mitchell
Übersetzt und herausgegeben von Friedrich Paulsen

Online-Zugang + interaktive Extras www.studentconsult.de

Gray´s Anatomie
für Studenten

URBAN & FISCHER

Gray's Anatomie *für Studenten*

Übersetzt und herausgegeben von Friedrich Paulse

Richard L. Drake, PhD

Director of Anatomy, Professor of Surgery, Cleveland Clinic Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA



Wayne Vogl, PhD

Professor of Anatomy & Cell Biology, Director of Gross Anatomy, Department of Anatomy & Cell Biology, University of British Columbia Faculty of Medicine, Vancouver, British Columbia, Canada

Adam W. M. Mitchell, MBBS, FRCS, FRCR

Consultant Radiologist, Department of Imaging, Charing Cross Hospital, London, UK *und* Honorary Senior Lecturer, Imperial College of Science, Technology & Medicine, London, UK

Abbildungen von

Richard Tibbitts und **Paul Richardson**

Deutsche Übersetzung herausgegeben von:

Professor Dr. med. **Friedrich Paulsen**

Institut für Anatomie und Zellbiologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)

978-3-437-41231-8



Zuschriften und Kritik an:

Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, Lektorat Medizinstudium, Alexander Gattnarzik, Karlstraße 45, 80333 München e-mail: medizinstudium@elsevier.de

Titel der Originalausgabe:

Richard L. Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell: Gray's Anatomy for Students

Erschienen 2005 bei Churchill Livingstone – einem Imprint von Elsevier Inc.

ISBN 0443-06612-4

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Die Erkenntnisse in der Medizin unterliegen laufendem Wandel durch Forschung und klinische Erfahrungen. Herausgeber und Autoren dieses Werkes haben große Sorgfalt darauf verwendet, dass die in diesem Werk gemachten therapeutischen Angaben dem derzeitigen Wissensstand entsprechen. Das entbindet den Nutzer dieses Werkes aber nicht von der Verpflichtung, anhand weiterer schriftlicher Informationsquellen zu überprüfen, ob die dort gemachten Angaben von denen in diesem Buch abweichen und seine Entscheidungen in eigener Verantwortung zu treffen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

1. Auflage 2007

Der Urban & Fischer Verlag ist ein Imprint der Elsevier GmbH.

07 08 09 10 11 5 4 3 2 1

Um den Textfluss nicht zu stören, wurde bei Patienten und Berufsbezeichnungen die grammatikalisch maskuline Form gewählt. Selbstverständlich sind in diesen Fällen immer Frauen und Männer gemeint.

Programmleitung: Dr. med. Dorothea Hennessen

Lektorat: Dr. rer. nat. Andrea Richarz, Alexander Gattnarzik

Redaktion: Dr. med. Sibylle Tönjes, Kiel

Korrektorin: Gabriele Bäuml

Herstellung: Cornelia Reiter

Satz: Kösel, Krugzell

Druck und Bindung: Printer Trento, Italien

Zeichnungen: Richard Tibbitts, Paul Richardson (für die deutsche Ausgabe zusätzliche Abbildungen von Henriette Rintelen: 4.41 A, 5.33 B, 5.38 B, 6.32 D – K, 6.74 B, 7.92 A, 8.153 A, B, 8.160 B)

Umschlaggestaltung: SpieszDesign, Neu-Ulm

Gedruckt auf Primaset mat 80 g

ISBN 978-3-437-41231-8

Aktuelle Informationen finden Sie im Internet unter **www.elsevier.de** und **www.elsevier.com**.

Vorspann

Editorial advisory board der englischen Originalausgabe

Professor of Anatomy
Department of Anatomy
University of Wisconsin Medical School
Madison, Wisconsin, USA

Homero Felipe Bianchi, MD
Third Chair, Department of Normal
Human Anatomy
Faculty of Medicine
University of Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

David L. Bolender, PhD
Associate Professor, Department of Cell Biology, Neurobiology and Anatomy
Medical College of Wisconsin
Milwaukee, Wisconsin, USA

Walter R. Buck, PhD
Dean of Preclinical Education Professor of Anatomy and Course Director for Gross Anatomy
Lake Erie College of Osteopathic Medicine
Erie, Pennsylvania, USA

Stephen W. Carmichael, PhD, DSc
Professor and Chair, Department of Anatomy
Mayo Clinic College of Medicine
Rochester, Minnesota, USA

Wayne Carver, PhD
Associate Professor, Department of Cell and Developmental Biology and Anatomy
University of South Carolina School of Medicine
Columbia, South Carolina, USA

John Chemnitz, MD
Associate Professor, Department of Anatomy and Neurobiology
Southern University of Denmark
Odense, Denmark

Shih-Chieh Chen, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy
Kaohsiung Medical University
Kaohsiung, Taiwan

Sou-De Cheng, PhD
Associate Professor and Chairman, Department of Anatomy
College of Medicine
Chang Gung University
T'aoyüan, Taiwan

Hee-Jung ChoMD, PhD
Professor, Department of Anatomy School of Medicine
Kyungpook National University Daegu, Korea

Patricia CollinsBSc, PhD
Associate Professor
Licenced Teacher of Anatomy
Anglo-European College of Chiropractic
Bournemouth, UK

Maria H. Czuzak, PhD
Academic Specialist – Anatomical Instructor, Department of Cell Biology and Anatomy
University of Arizona
Tucson, Arizona, USA

P.H. Dangerfield MD, ILTM
Senior Lecturer, Department of Human Anatomy and Cell Biology
University of Liverpool
Liverpool, UK

Jan DrukkerMD, PhD
Emeritus Professor of Anatomy and Embryology
Department of Anatomy and Embryology
Faculty of Medicine
University of Maastricht
Maastricht, The Netherlands

Julian J. Dwornik, BA, MSc, PhD
Professor of Anatomy,
Department of Anatomy University of South Florida College of Medicine
Tampa, Florida, USA

John Fitzsimmons, MD
Assistant Professor, Radiology – Division of Anatomy
Michigan State University
East Lansing, Michigan, USA

xxi

---

xxii

Dr Robert T. Gemmell
Associate Professor, Department of Anatomy and Developmental Biology
The University of Queensland
St. Lucia, Queensland, Australia

Gene F. Giggleman, DVM
Dean of Academics
Parker College of Chiropractic
Dallas, Texas, USA

Adriana C.Gittenberger-de Groot PhD
Professor, Head of Department
Department of Anatomy and Embryology
Leiden University Medical Center
Leiden, The Netherlands

P. Gopalakrishnakone, MBBS, PhD, FAMS, DSc
Professor, Department of Anatomy
Faculty of Medicine
National University of Singapore
Singapore

J. R. T. Greene, BSc, MBBS, PhD
Senior Lecturer, Department of Anatomy
University of Bristol
Bristol, UK

Santos Guzmán LopezPhD
Chair, Department of Anatomy
Faculty of Medicine
Autonomous University of Nueva León
Monterrey, Mexico

Duane E. Haines, PhD
Professor and Chairman; Professor of Neurosurgery
Department of Anatomy
The University of Mississippi Medical Center
Jackson, Mississippi, USA

Jostein Halgunset, MD
Assistant Professor of Anatomy, Department of Laboratory Medicine, Children's and Women's Health
Faculty of Medicine, Norwegian University of Science and Technology
Trondheim, Norway

Benedikt Hallgrimsson, PhD
Associate Professor, Department of Cell Biology and Anatomy
University of Calgary
Calgary, Alberta, Canada

Dr Jerimiah C. Healy, MA, MBB, Chir, MRCP, PFCR
Department of Radiology
Chelsea and Westminster Hospital Imperial College School of Medicine
London, UK

Heikki J. Helminen, MD, PhD
Professor and Chairman

Department of Anatomy University of Knopio Knowpio, Finland

Louis Hermo, BA, MSc, PhD
Professor, Department of Anatomy and Cell Biology
McGill University
Montreal, Quebec, Canada

Maxwell T. Hincke, PhD (Alberta)
Professor and Director, Anatomy Program Department of Cellular and Molecular Medicine
Faculty of Medicine, University of Ottawa Ottawa, Ontario, Canada

J. C. Holstege, MD, PhD
Associate Professor, Department of Neuroscience Erasmus Medical Center Rotterdam, The Netherlands

Richard F. Hoyt Jr PhD
Associate Professor, Department of Anatomy and Neurobiology
Boston University School of Medicine
Boston, Massachusetts, USA

Alan W. Hrycyshyn, MS, PhD
Professor, Division of Clinical Anatomy
The University of Western Ontario
London, Ontario, Canada

Sezgin,Ilgi, PhD
Professor, Department of Anatomy
Faculty of Medicine, Hacettepe University
Ankara, Turkey

Dr Kanak Iyer, MBBS, MS
Professor, Department of Anatomy
K.J. Somaiya Medical College
Mumbai, India

S. Behnamedin Jameie, MSc, PhD
Assistant Professor, Department of Anatomy and Cellular and Molecular Research Center
School of Medicine, Basic Science Center
Tehran, Iran

Elizabeth O. Johnson, PhD
Assistant Professor, Department of Anatomy, Histology and Embryology
University of Ioannina
Ioannina, Greece

Panagiotis Kanavaros, MD, PhD
Department of Anatomy, Histology and Embryology
University of Ioannina

Ioannina, Greece

Lars Kayser, MD, PhD
Associate Professor, Department of Medical Anatomy
University of Copenhagen
Copenhagen, Denmark

Jeffrey Kerr, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy and Cell Biology
Faculty of Medicine, Nursing and Health Sciences, Monash University
Melbourne, Victoria, Australia

Lars Klimaschewski, MD, PhD
Professor, Department of Neuroanatomy
Medical University of Innsbruck
Innsbruck, Austria

Natsis Konstantinos, MD, PhD, BSc
Assistant Professor, Department of Anatomy
Medical School, Aristotle University of Thessaloniki
Thessaloniki, Greece

Rachel Koshi, MBBS, MS, PhD
Professor of Anatomy
Department of Anatomy
Christian Medical College
Vellore, India

Jeffrey T. Laitman, PhD
Distinguished Professor of the Mount Sinai School of Medicine
Professor and Director of Anatomy and Functional Morphology
Professor of Otolaryngology
Center for Anatomy and Functional Morphology
Mount Sinai School of Medicine
New York, New York, USA

Alfonso LlamasMD, PhD
Professor of Anatomy and Embryology
Department of Anatomy Medical School, Universidad Autónoma de Madrid
Madrid, Spain

xxii

---

xxiii

Grahame J. Louw, DVSc
Professor, Department of Human Biology
Faculty of Health Sciences
University of Cape Town
Cape Town, South Africa

P.W. Lucas, BSc, PhD

Professor, Department of Anatomy
University of Hong Kong
Hong Kong, China

Dra Liliana D. Macchi
Second Chair, Department of Normal Human Anatomy
Faculty of Medicine, University of Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

Henk van Mameren, MD, PhD
Professor, Department of Anatomy and Embryology
Faculty of Medicine
University of
Maastricht Maastricht, The Netherlands

Dr Francisco Martinez Sandoval
Director, Institute of Biological Sciences
Universidad Autónoma de Guadalajara
Guadalajara, Mexico

Robert S. McCuskey, PhD
Professor and Head, Department of Cell Biology and Anatomy
University of Arizona College of Medicine
Tucson, Arizona, USA

Martha D. McDaniel, MD
Professor of Anatomy, Surgery and Community and Family Medicine
Chair, Department of Anatomy
Dartmouth Medical School
Hanover, New Hampshire, USA

Dr Lopa A. Mehta, MBBS, MS (Anatomy)
Senior Professor, Department of Anatomy Seth G. S. Medical College
Mumbai, India

J. H. Meiring, MB, ChB, MpraxMed (Pret)
Professor and Head, Department of Anatomy
University of Pretoria
Pretoria, South Africa

Sandra C. Miller, PhD
Professor, Department of Anatomy and Cell Biology
McGill University
Montreal, Quebec, Canada

Ian G. Mobbs, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy and Neurobiology
Dalhousie Medical School

Halifax, Nova Scotia, Canada

John F. Morris, MB, ChB, MD
Professor, Department of Human Anatomy and Genetics
University of Oxford
Oxford, UK

Bernard John Moxham
Professor of Anatomy, Deputy Director and Head of Teaching
Cardiff School of Biosciences
Cardiff University
Cardiff, UK

Helen D. Nicholson, MB, ChB, BSc, MD
Professor and Chair, Department of Anatomy and Structural Biology
University of Otago
Dunedin, New Zealand

Dr Mark Nielsen
Biology Department
University of Utah
Salt Lake City, Utah, USA

Wei-Yi Ong, DDS, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy
Faculty of Medicine, National University of Singapore
Singapore

Gustavo H.R.A. Otegui
Department of Anatomy University of Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

Prof. Dr. Reinhard Pabst
Leiter der Abteilung für Funktionelle und Angewandte Anatomie
Medizinische Hochschule Hannover
Hannover, Deutschland

Gigis Panagiotis, MD, PhD
Professor, Department of Anatomy Medical School, Aristotle University of Thessaloniki
Thessaloniki, Greece

Shipra Paul
Professor, Department of Anatomy
Maulana Azad Medical College
New Delhi, India

Ann Poznanski, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy

Midwestern University
Glendale, Arizona, USA

Dr Francisco A. Prada Elena
Chair, Department of Anatomy
Faculty of Medicine, University of Sevilla Sevilla, Spain

Matthew A. Pravetz, OFM, PhD
Associate Professor, Department of Cell Biology and Anatomy New York Medical College
Valhalla, New York, USA

Prof. Dr. Reinhard Putz
Vorstand des Anatomischen Instituts der Ludwig-Maximilians-Universität
München, Deutschland

Ameed Raoof, MD, PhD
Lecturer, Division of Anatomy and Department of Medical Education
University of Michigan Medical School
Ann Arbor, Michigan, USA

James J. Rechtien, DO
Professor, Division of Anatomy and Structural Biology
Department of Radiology
Michigan State University
East Lansing, Michigan, USA

Joy S. Reidenberg, PhD
Associate Professor, Center for Anatomy and Functional Morphology
Mount Sinai School of Medicine
New York, New York, USA

Rouel S. Roque MD
Associate Professor, Department of Cell Biology and Genetics
University of North Texas Health Sciences Center
Forth Worth, Texas, USA

Dr Domingo Ruano Gil
Director, Department of Anatomy
Faculty of Medicine, University of Central Barcelona
Barcelona, Spain

Myra Rufo, PhD
Department of Anatomy and Cellular Biology
Tufts University
Boston, Massachusetts, USA

Phillip Sambrook, MD, BS, LLB, FRACP
Professor of Rheumatology

University of Sidney
Sydney, Australia

Richard R. Schmidt, PhD
Professor and Vice Chairman
Department of Pathology, Anatomy and Cell Biology
Thomas Jefferson University
Philadelphia, Pennsylvania, USA

Roger Searle, PhD
Director, Anatomy and Clinical Skills
School of Medical Education Development
University of Newcastle upon Tyne
Newcastle upon Tyne, UK

Harumichi Seguchi, MD, PhD
Professor and Chairman, Department of Anatomy and Cell Biology
Kochi Medical School
Kochi, Japan

Mark F. Seifert, PhD
Professor of Anatomy and Cell Biology
Indiana University School of Medicine
Indianapolis, Indiana, USA

Sudha Seshayyan, MS
Professor and Head, Department of Anatomy
Stanely Medical College
Chennai, India

Kohei Shiota, MD, PhD
Professor and Chairman, Department of Anatomy and Developmental Biology
Director, Congenital Anomaly Research Center
Kyoto University Graduate School of Medicine
Kyoto, Japan

Allan R. Sinning, PhD
Associate Professor, Department of Anatomy
The University of Mississippi Medical Center
Jackson, Mississippi, USA

K. H. Sit, MBBS, MD, PhD
Professor, Department of Anatomy
Faculty of Medicine, National University of Singapore
Singapore

Donald F. Siwek, PhD
Assistant Professor, Department of Anatomy and Neurobiology

Boston University School of Medicine
Boston, Massachusetts, USA

Dr Panagiotis N. Skandalakis
Clinical Professor, Department of Surgical Anatomy and Technique
Emory University
Atlanta, Georgia, USA

Bernard G. Slavin, PhD
Course Director, Human Gross Anatomy
Keck/University of Southern California School of Medicine
Los Angeles, California, USA

Terence K. Smith, PhD
Professor, Department of Physiology and Cell Biology
University of Nevada School of Medicine
Reno, Nevada, USA

Kwok-Fai So, PhD (MIT)
Professor and Head, Department of Anatomy
Faculty of Medicine,
The University of Hong Kong
Hong Kong, China

Roger Soames, BSc, PhD
Associate Professor and Head of Anatomy
chool of Biomedical Sciences
James Cook University
Townsville, Australia

Susan M. Standring, PhD, DSc
Head of the Division of Anatomy
Guy's, King's and St. Thomas' Schools of Medicine
London, UK

Mark F. Teaford, PhD
Professor of Anatomy, Center for Functional Anatomy and Evolution
Johns Hopkins University School of Medicine
Baltimore, Maryland, USA

Don du ToitPPhil(Oxon), PhD, MB.CHB (Stell), FCS (SA), FRCS
Professor and Chairman, Department of Anatomy and Histology
Faculty of Medicine
University of Stellenbosch
Bellville, South Africa

Prof John Varakis
Anatomy Department

University of Patras School of Medicine
Rion Patras, Greece

N. S. Vasan, DVM, PhD
Associate Professor, Department of Cell Biology and Molecular Medicine
New Jersey Medical School
Newark, New Jersey, USA

Prof G.H.M. Vawda
Anatomy Department
Nelson Mandela Medical School
Congella, South Africa

Ismo Virtanen
Professor, Anatomy Department
Haartman Institute
University of Helsinki
Helsinki, Finland

Shashi Wadhwa, MS (Anatomy), PhD, FASc, FNASc
Professor, Department of Anatomy
All India Institute of Medical Sciences
New Delhi, India

Anil H. Walji, MD, PhD
Chair, Division of Anatomy
Faculty of Medicine and Dentistry
University of Alberta
Edmonton, Alberta, Canada

Simon Wapnik, MD
Assistant Professor, Department of Cell Biology and Anatomy
New York Medical College
Valhalla, New York, USA

Dr Joanne Wilton
Senior Lecturer, Department of Anatomy
The Medical School
University of Birmingham
Birmingham, UK

Susanne Wish-Baratz, PhD
Senior Teacher, Department of Anatomy and Anthropology
Sackler Faculty of Medicine
Tel Aviv University
Tel Aviv, Israel

David T. Yew, PhD, DSc, DrMed (Habil), CBiol, FIBiol

Professor and Chairman
Department of Anatomy
The Chinese University of Hong Kong
Hong Kong, China

Henry K. Yip, PhD
Associate Professor
Department of Anatomy
Faculty of Medicine
The University of Hong Kong
Hong Kong, China

Danksagungen zur englischen Originalausgabe

In erster Linie möchten wir all denen danken, die bereit waren, frühere Fassungen der Manuskripte gegenzulesen – Anatomen, Hochschullehrer und Studenten, die Mitglieder des internationalen *Editorial Review Boards* waren. Ihr Beitrag war unschätzbar.

Richard Tibbitts und Paul Richardson möchten wir für ihre Fähigkeit danken, unsere visuellen Vorstellungen in Abbildungen umzusetzen, die nicht nur die anatomischen Strukturen hervorragend darstellen, sondern außerdem auch von hoher ästhetischer Qualität sind.

Unser Dank geht auch an Bill Schmitt, Duncan Fraser, Ann-Marie Shaw und das ganze Elsevier-Team, das uns bei der Vorbereitung des Buches begleitet hat, und an Lindy van den Berghe für die hervorragende Redaktion.

Herrn Professor Richard A. Buckingham von der Abraham Lincoln School of Medicine, University of Illinois, möchten wir für die Beschaffung der Abbildung 8.109 B danken. Schließlich möchten wir einige Leute persönlich nennen, die uns vor Ort unterstützt haben, da wir manchmal durch Tausende Meilen voneinander getrennt gearbeitet haben. Unser Dank geht an:

Dr. Leonard Epp, Dr. Carl Morgan, Dr. Robert Shellhamer und Dr. Robert Cardell, die meine Laufbahn als Wissenschaftler und Hochschullehrer grundlegend beeinflusst haben.

Richard L. Drake

Dr. Sydney Friedman, Dr. Elio Raviola und Dr. Charles Slonecker für ihre Inspiration und ihre Unterstützung und dafür, dass sie in mir die Begeisterung für die Anatomie geweckt haben;

Dr. Murray Morrison, Dr. Joanne Matsubara, Dr. Brian Westerberg, Laura Hall und Jing Cui dafür, dass sie Abbildungen für das Kapitel „Kopf und Hals“ beigesteuert haben;

Dr. Bruce Crawford und Logan Lee für ihre Hilfe bei den Bildern für die Oberflächenanatomie und die Obere Extremität;

Professor Elizabeth Akesson und Dr. Donna Ford für ihre enthusiastische Unterstützung und wertvolle Kritik.

Wayne Vogl

Anne Gayle für ihre unübertroffene Unterstützung im Sekretariat;

Professor Philip Gizhen für seine Hilfe bei den Bildquellen und seine generelle Unterstützung;

Dr. Dominic Blunt und Chrissie Hill für ihre Hilfe bei der Bildbeschaffung;

Dr. Mareesh Patel für die Hilfe beim Gegenlesen der Manuskripte und bei den klinischen Fragen;

Radiology SpRs und den Radiologen am Charing Cross Hospital;

den Radiologen am Wellington Hospital;

Dr. Anwar Padhani am Mount Vernon Hospital;

Dr. Alison Graham und Dr. Paul Tait am Hammersmith Hospital;

Andrew Williams am Chelsea and Westminster Hospital.

Danken möchte ich außerdem Dr. Neil Fraser, Dr. Martin Watson, Dr. Kim Fox, Dr. Jerry Healy, Dr. James Jackson und Ian Franklin.

Adam W. M. Mitchell

Widmungen

Meiner Frau Cheryl, die mich unterstützt hat, und meinen Eltern, die mich geleitet haben.

Richard L. Drake

Meiner Familie, meinen Kollegen und Vorbildern und meinen Studenten – Für sie ist dieses Buch.

Wayne Vogl

Für Cathy, Max (Adder) und Elsa (ZaZa).

Adam W. M. Mitchell

xxv

xxvii

Vorwort zur deutschen Übersetzung

Als mich Herr Gattnarzik vom Elsevier-Verlag im Frühjahr 2005 auf der 101. Versammlung der Anatomischen Gesellschaft in Freiburg fragte, wie ich *Gray's Anatomy for Students* fände und ob ich mir vorstellen könnte, eine deutsche Version des Buches herauszugeben, war ich mit Ausnahme des engen Zeitplans sofort Feuer und Flamme.

Für die makroskopische Anatomie hält der deutsche Markt nur anatomische Lehrbücher im klassischen Stil zur Verfügung. Diese Bücher haben den Anspruch, die gesamte Breite der Anatomie in einem Buch abzudecken, indem zusätzlich zur Makroskopie die Histologie (mikroskopische Anatomie), die Neuroanatomie und die Embryologie und normalerweise auch kurze klinische Bezüge integriert sind. Die meisten Studenten kaufen sich aber ein eigenständiges Lehrbuch für die Histologie, eines für die Neuroanatomie und oftmals auch noch ein Taschenbuch für die Embryologie. Nur für die Makroskopie gibt es bisher so recht nichts Eigenständiges. Die

Bücher, die auf dem Markt sind, sind entweder sehr umfangreich und dann häufig, wie Richard Drake es ausgedrückt hat, „von fraglicher Qualität und fraglichem Nutzen“ oder eben keine Lehrbücher mehr. *Gray's Anatomie für Studenten* ist nun das erste Lehrbuch der rein makroskopischen Anatomie. Es enthält keine Histologie, keine Neuroanatomie und nur diejenigen embryologischen Aspekte, ohne die die Makroskopie nicht verständlich wäre. Der Textumfang ist nicht zu lang, so dass man das Buch locker während des dreimonatigen Präparierkurses, wie er an den meisten deutschen Universitäten durchgeführt wird, schaffen kann. Die sehr vielen, sehr klaren Bilder sind konzentriert auf die wesentlichen Strukturen, zeigen sehr einprägsam die räumlichen Beziehungen und lassen den Text tatsächlich lebendig werden. Dazu kommen die vielen praktischen und klinischen Bezüge, die die Studenten auf das spätere klinische Studium und auf die Praxis, zunächst in Famulaturen und PJ, und auf das spätere Berufsleben vorbereiten. Das Buch lässt sich ideal im deutschsprachigen Kurs- und Seminarsystem für den Bewegungsapparat und den Präparierkurs einsetzen und dient auch als Hilfe für den an nur noch wenigen Hochschulen durchgeführten Begleitkurs der „Anatomie am Lebenden“. Da zahlreiche deutsche Unis unabhängig vom Präparierkurs einen Kurs „Bewegungsapparat“ oder „Allgemeine Anatomie“ anbieten, haben wir eine Tabelle eingefügt, die die für diesen Kurs thematisch relevanten Seiten des Buches übersichtlich zusammenfasst (siehe hintere innere Umschlagseite).

Ich möchte an dieser Stelle dem Verlag, namentlich Herrn Alexander Gattnarzik und Frau Dr. rer. nat. Andrea Richarz, Frau Dr. med. Sibylle Tönjes, Frau Cornelia Reiter, Frau Henriette Rintelen und Herrn Stefan Dangl für die konstruktive Zusammenarbeit im gesamten Herstellungsprozess danken, die mir immer viel Freude bereitet hat. Außerdem danke ich Herrn cand. med. Peter Franske (Kopf/Hals, Situs), Frau cand. med. Maria Zywica (Kopf/Hals, Situs), Frau cand. med. Sophie Rösler (Becken und Damm) und meiner lieben Ehefrau Dr. med. Dana Paulsen (untere und obere Extremität) für die Vorübersetzung der in Klammern angeführten Kapitel. Herrn Martin Franke danke ich für die Hilfe bei der Beschriftung der Abbildungen und meinem Lehrer Professor Dr. Bernhard Tillmann danke ich für viele klinisch-anatomische Anregungen, die ich im Laufe meiner Zeit als Assistent am Anatomischen Institut in Kiel sammeln konnte.

Ich hoffe, dass das Buch allen Studenten beim Lernen der makroskopischen Anatomie eine große Hilfe sein wird und ihnen so viel Freude bereiten wird, wie mir die Übersetzung Spaß gemacht hat. Ich hätte mir seinerzeit in meinem Studium ein solches Buch für die makroskopische Anatomie gewünscht.

Friedrich Paulsen, Halle/Saale

Juli 2007

Anschrift:

Professor Dr. med. Friedrich Paulsen

Institut für Anatomie und Zellbiologie

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Große Steinstraße 52

06097 Halle (Saale)

xxvii

xxix

Über dieses Buch

Die Idee

In den letzten 20 bis 25 Jahren ist es durch zunehmend integrierte und systembasierte Curricula zu zahlreichen Veränderungen in der anatomischen Ausbildung von Human- und Zahnmedizinstudenten gekommen. Zusätzlich hat man versucht, über verschiedene Methoden vermehrt Kleingruppenunterricht mit dem Ziel durchzuführen, das Eigenstudium zu fördern und die Studierenden für ein lebenslanges Lernen zu trainieren. Der explosionsartige Wissenszuwachs in allen medizinischen Disziplinen machte ebenfalls eine Änderung der Curricula erforderlich, da sich die zur Verfügung stehende Studienzeit nicht verlängert hat. Vor dem Hintergrund dieser Änderungen war es an der Zeit, ein neuartiges Lehrbuch zu verfassen, das es den Studenten ermöglicht, die Anatomie trotz unterschiedlicher Curricula mit möglichst geringem Zeitaufwand zu lernen.

Wir begannen Ende 2001 mit der sorgfältigen Prüfung der curricularen Ansätze und Formate und haben uns schließlich für eine Gliederung nach Körperregionen entschieden. Dabei haben wir jedes Kapitel in vier Unterkapitel unterteilt. Von Anfang an war es unser Ziel, das Buch so zu konzipieren, dass man an jeder Stelle des Buches in die Anatomie „einsteigen“ kann, dass es auch für Studienanfänger geeignet ist und dass dieses Buch eine studentenorientierte Version des für eine professionelle Leserschaft geschriebenen Werkes *Gray's Anatomy* wird.

Zuerst haben wir den Text geschrieben. Die Abbildungen wurden anschließend anhand des Textes entworfen, um ihn zu vervollständigen und die Strukturen zu veranschaulichen. Vorversionen der einzelnen Kapitel wurden an ein umfangreiches internationales Editorial Board aus Anatomen, Klinikern und Anatomiestudenten zur Begutachtung gegeben. Ihre kritischen Kommentare wurden bei der Fertigstellung der endgültigen Version eingearbeitet.

Der Text vermittelt kein umfangreiches Detailwissen, sondern umfasst die Grundlagen und das Basiswissen, um den Studenten mit so viel struktureller und funktioneller Anatomie auszustatten, dass er in der Lage ist, darauf im Laufe seines Studiums und seiner weiteren Laufbahn nachhaltig aufzubauen. Das große Werk *Gray's Anatomy* diente sowohl für den Text als auch für die Abbildungen als Vorlage; es sei als Nachschlagewerk für tiefergreifende anatomische Informationen empfohlen.

Das Buch

Gray's Anatomie für Studenten ist ein klinisch orientiertes, studentenfreundliches Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Es ist als Lehrbuch nicht nur für Humanmedizin-studenten, sondern auch für Zahnmedizinstudenten, Chiropraktiker und Physiotherapeuten konzipiert. Es kann für die verschiedenen Curricula (klassisch-anatomisch; systemorientiert; Kombination aus klassisch-anatomisch und system-orientiert; problemorientiert) genutzt werden und soll als

Ergänzung zur Vorlesung der makroskopischen Anatomie und zum Präparierkurs eine wertvolle Hilfe sein.

Aufbau

Gray's Anatomie für Studenten ist topographisch nach Regionen gegliedert und führt den Leser in logischer Folge auf einfache und nachvollziehbare Weise in die Komplexität des Körpers ein. Jedes Kapitel kann als unabhängiges Lernmodul betrachtet werden. Dabei spielt die Reihenfolge, in der die Kapitel durchgearbeitet werden, keine Rolle. Die Reihenfolge im Buch umfasst *Rücken, Thorax, Abdomen, Becken und Regio perinealis, untere Extremität, obere Extremität* sowie *Kopf und Hals*.

Mit dem *Rücken* wird aus zwei Gründen begonnen. Erstens, weil er oftmals der erste Bereich ist, an dem die Studenten zu präparieren beginnen, und zweitens, weil der Student in einen nicht allzu komplizierten Bereich eingeführt wird, der alle Basisstrukturen des Körpers wie Knochen, Gelenke, Muskeln, Blutgefäße und Nerven enthält. Der *Thorax* folgt aufgrund seiner zentralen Lokalisation und seines Inhalts (Herz, große Gefäße und Lungen). Er bietet darüber hinaus den Zugang zu den übrigen Körperbereichen. Das *Abdomen* sowie *Becken und Regio perinealis* folgen dem *Thorax* in logischer Konsequenz nach. Von hier geht es weiter nach unten über die *untere Extremität* bis zu den Füßen. Es schließen sich die *obere Extremität* und zum Schluss der *Kopf-Hals*-Bereich an. *Kopf und Hals* beinhalten aufgrund der räumlichen Enge die komplexeste Anatomie des Körpers. Hat der Student erst alle anderen Bereiche gelernt, fällt ihm das Verständnis der Kopf-Hals-Region erfahrungsgemäß wesentlich leichter.

xxix

xxx

Inhalt

Jedes Kapitel besteht aus vier aufeinanderfolgenden Abschnitten: *Übersicht, Topographie, Oberflächenanatomie* und *Klinische Fälle*.

Die *Übersicht* beinhaltet die Basisinformationen, die im topographischen Teil detailliert besprochen werden. Dieser Abschnitt ist für Studenten geschrieben, die noch überhaupt keine Vorkenntnisse haben und zunächst einen einfachen Überblick brauchen. Darüber hinaus kann der Abschnitt als Zusammenfassung der wichtigsten Bestandteile dienen, nachdem die Topographie durchgearbeitet wurde.

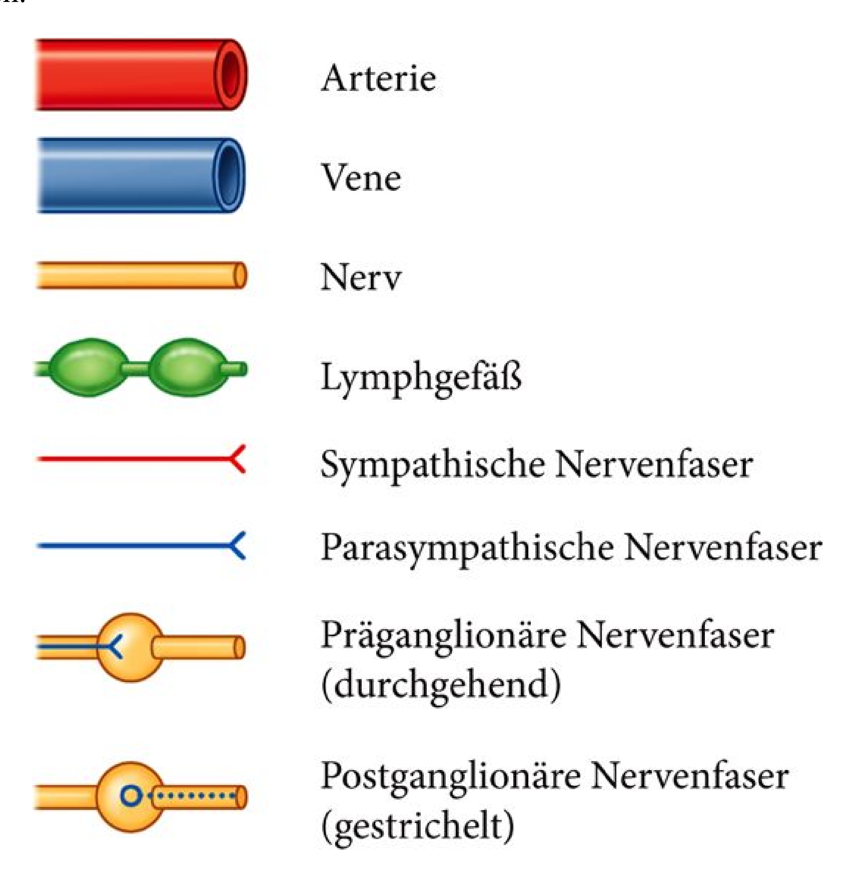
Die *Topographie* beinhaltet eine wesentlich genauere Beschreibung der Anatomie mit relevanten klinischen Bezügen. Dabei wird auf detailliertes Faktenwissen wie beispielsweise verschiedene Varianten eines Gefäßes verzichtet und der Stoff nur soweit vertieft, wie die Autoren glauben, dass es für das Verständnis der entsprechenden Region wichtig ist. Im topographischen Abschnitt werden zwei verschiedene Formen von klinischen Bezügen eingesetzt. Zum einen werden klinische Bezüge mitten im Text durch *Kursivschrift* hervorgehoben. Dadurch bleibt der unmittelbare thematische Zusammenhang gewahrt und der Student wird vom Lesen des Textes nicht unmittelbar abgelenkt. Die zweite Form sind inhaltlich abgegrenzte Beschreibungen klinischer Krankheitsbilder, die den Studenten mit nützlichen und relevanten klinischen Informationen versorgen und zeigen, wie er das anatomische Wissen bei der Lösung klinischer

Fragestellungen anwenden kann. Diese klinischen Informationen sind in grünen Textboxen zusammengefasst.

Die *Oberflächenanatomie* soll dem Studenten helfen, den Bezug zwischen anatomischen Strukturen und oberflächlichen Landmarken zu zeigen. In diesem Abschnitt wird vermittelt, wie anatomische Informationen durch Inspektion zu funktioneller Einschätzung führen können. Dies ist bei jeder Patientenuntersuchung von Bedeutung.

Der letzte Abschnitt eines jeden Kapitels besteht aus *klinischen Fällen*, die in zwei Formen dargestellt werden. Diese Fälle bilden die dritte Form klinischer Bezüge im Buch. Zunächst werden ausführlich typische klinische Fallbeschreibungen vorgestellt. In diesen Fallbeschreibungen wird das klinische Problem geschildert und der Leser Schritt für Schritt in Frage und Antwort zur Lösung des Falles geführt. An diese längeren Fälle schließen sich 10 Kurzfälle an, die ein klinisches Problem schildern, das als Basis einen spezifischen anatomischen Hintergrund hat. Die ausführlichen Fallbeschreibungen und die Kurzfälle zeigen, wie die Kenntnis der Anatomie zur Lösung eines klinischen Problems führt.

Abbildungen sind ein integraler Bestandteil jedes anatomischen Lehrbuchs. Sie müssen den Text zum Leben erwecken, damit beim Leser ein einprägsames Bild in Erinnerung bleibt. Unsere Abbildungen erreichen dieses Ziel optimal. Sie sind völlig neu konzipiert und viele ermöglichen einen einzigartigen Blickwinkel. Sie sind anhand des Textes entwickelt worden, stellen die Anatomie in einer neuen Art und Weise dar und zeigen insbesondere Dinge, die für den Studenten oftmals schwer verständlich sind. Die Abbildungen bauen aufeinander auf. Um das Verständnis weiter zu erleichtern und das einfache Nachschlagen zwischen einzelnen Abbildungen zu ermöglichen, sind mit wenigen Ausnahmen Standardfarben im gesamten Buch verwendet worden.



Die Größe jeder Abbildung ist bei der Konzeption und im Layout sorgfältig überlegt worden.

Klinische Abbildungen sind ebenfalls ein wichtiges Hilfsmittel zum Verständnis der Anatomie und daher reichlich in den Text integriert worden. Beispiele solcher medizinischen state-of-the-art Bilder umfassen MRTs, CTs, PETs und Ultraschallbilder sowie qualitativ hochwertige Röntgenaufnahmen. Die klinischen Abbildungen sollen die Fähigkeit trainieren, die gelernte Anatomie *in vivo* zu visualisieren und so das Verständnis zu erleichtern.

Was das Buch nicht enthält

Gray's Anatomie für Studenten beinhaltet die makroskopische Anatomie. Obwohl manche Curricula einen mehr integrativen Ansatz verfolgen, indem sie die Anatomie, die Physiologie, die Histologie und die Embryologie miteinander kombinieren, geht es in diesem Lehrbuch nur um die makroskopische Anatomie sowie deren Übertragbarkeit auf klinische Probleme. Mit Ausnahme einiger weniger kurzer embryologischer Beschreibungen, die für ein besseres Verständnis notwendig sind, ist kein weiteres Material anderer Disziplinen, auch nicht anderer anatomischer Disziplinen wie Histologie (mikroskopische Anatomie), Neuroanatomie und Embryologie eingeschlossen, da es zahlreiche ausgezeichnete Lehrbücher gibt, die diese Bereiche optimal abdecken. Außerdem meinen wir, dass der Versuch, alle diese Fachaspekte in einem einzigen Buch unterzubringen, leicht zu einem Text von fraglicher Qualität und fraglichem Nutzen führen kann, ganz zu schweigen von dem enormen Umfang, den ein solches Werk einnimmt.

xxx

xxxi

Terminologie

In jedem anatomischen Text oder Atlas spielt die Terminologie immer eine große Rolle. 1989 wurde das Federative Committee on Anatomical Terminology (FACT) mit dem Ziel gegründet, eine offizielle anatomische Terminologie zu entwickeln. Die *Terminologia Anatomica* (Thieme, Stuttgart/New York, 1998) war die erste gemeinsame Publikation dieser Gruppe und ihrer 56 Mitgliedsgesellschaften der International Federation of Associations of Anatomists (IFAA). Im vorliegenden Buch wurde diese Terminologie aus Gründen der Einheitlichkeit verwendet. Andere Terminologien mögen auch ihre Berechtigung haben, wir meinen aber, dass eine international anerkannte Terminologie nur logisch und für eine weite Verbreitung des Buches sinnvoll ist.

Obwohl anatomische Termini so oft wie möglich zur Orientierung eingesetzt werden, werden auch Begriffe wie „hinter“ oder „vor“ genutzt, um den Text leichter lesbar zu machen. In diesen Fällen erklärt der Kontext die Bedeutung.

Wir haben dieses Buch mit großer Begeisterung verfasst und hoffen, dass wir diese Begeisterung auf den Leser übertragen können.

Richard L. Drake

Wayne Vogl

Adam W. M. Mitchell

xxxi

1 Anatomie und Bildgebung

Was ist Anatomie?

Anatomie umfasst alle Strukturen, die man makroskopisch mit dem bloßen Auge (ohne Vergrößerungsglas) sowie mikroskopisch (unter Vergrößerung) sehen kann. Allgemein steht der Begriff „Anatomie “jedoch meist für die makroskopische Anatomie – alle Strukturen, die man ohne Mikroskop sehen kann. Als mikroskopische Anatomie oder Histologie bezeichnet man die erst unter dem Mikroskop erkennbaren Strukturen.

Anatomie ist die Grundlage der Medizin. Anhand der Anatomie lassen sich Krankheiten herleiten, sei es im Rahmen der Patientenuntersuchung oder bei der Interpretation moderner bildgebender Verfahren. Anatomie ist auch für Zahnärzte, Chiropraktiker, Physiotherapeuten und alle anderen Berufsgruppen wichtig, die an der Behandlung von Patienten beteiligt sind und sich vorab anatomisch orientieren müssen. Somit lassen sich nur durch ein ausreichendes anatomisches Verständnis klinische Beobachtungen *korrekt* interpretieren.

Beobachtung und Visualisierung sind die primären Techniken, die ein Student nutzen sollte, um Anatomie zu lernen. Anatomie ist wesentlich mehr, als nur eine Liste von Namen zu rekapitulieren. Obwohl die anatomische Sprache wichtig ist, geht das Informationsnetzwerk, das gebraucht wird, um sich die Lage von Strukturen im Körper vorzustellen, weit über einfaches Rekapitulieren hinaus. Die Kenntnis aller Namen der zahlreichen Äste der Arteria carotis externa ist nicht dasselbe wie die Fähigkeit, sich den Verlauf der Arteria lingualis von ihrem Ursprung im Hals bis zu ihrem Endpunkt in der Zunge geistig vorstellen zu können. Oder, um ein weiteres Beispiel anzuführen, das Verständnis der Anatomie des weichen Gaumens, seine Beziehungen zur Nasen- und zur Mundhöhle und seine Bewegungen während des Schluckaktes unterscheiden sich wesentlich davon, lediglich die Namen der beteiligten Muskeln und Nerven rezitieren zu können. Anatomie zu verstehen erfordert das Verständnis des *Kontextes*, in dem die Terminologie eingesetzt werden kann.

Wie kann man Anatomie lernen?

Der Begriff „Anatomie“ leitet sich vom griechischen Wort *„anatémnein“* – „auseinanderschneiden, zergliedern“ ab. Anatomie heißt also so viel wie „Zergliederungskunst“. Anatomie hat etwas mit Präparation zu tun, obwohl das „Zergliedern“ von Körperspendern in Form des Präparierkurses heute teilweise durch vorpräparierte Körperteile, Plastik-modelle (Plastinate) oder Computermodelle sowie andere Lernhilfen ergänzt, oder – traurigerweise – in manchen Fällen ersetzt wird.

Anatomie kann entweder über einen regionalen oder einen systematischen Ansatz erlernt werden.

- Im Rahmen des **regionalen Ansatzes** wird jede *Körper-region* separat studiert, und alle Aspekte dieser Region werden gleichzeitig erlernt. Für das Studium des Thorax beispielsweise werden alle Strukturen eingeschlossen. Dies umfasst die Blutgefäßversorgung, die Nerven, die Knochen, die Muskeln und alle anderen Strukturen und Organe, die zum Thorax gezählt werden. Nachdem die Region gelernt ist, werden die anderen Regionen (wie Abdomen, Becken, untere Extremität, obere Extremität, Rücken, Kopf und Hals) in ähnlicher Weise gelernt.
- Im Gegensatz dazu wird beim **systematischen Ansatz** jedes *System* des Körpers studiert und durch den gesamten Körper verfolgt. So umfasst beispielsweise das Studium des kardiovaskulären Systems das Herz und das gesamte Blutgefäßsystem des Körpers. Anschließend wird das Nervensystem (Gehirn, Rückenmark und alle Nerven) gelernt. Dieser Ansatz wird so lange fortgesetzt, bis alle Systeme (Skelettsystem, Muskulatur, Gastrointestinaltrakt, Respirationstrakt, Lymphsystem und retikuloendotheliales System) erlernt sind.

Jeder der beiden Ansätze hat Vor- und Nachteile. Der regionale Ansatz funktioniert besonders gut, wenn er parallel mit einem Präparierkurs durchgeführt wird, kommt aber zu kurz, wenn es um das Verständnis eines Organsystems im Körper geht. Der systematische Ansatz begünstigt das Verstehen eines Organsystems; er ist aber schwer mit einem Präparierkurs vereinbar und regional nicht detailliert genug.

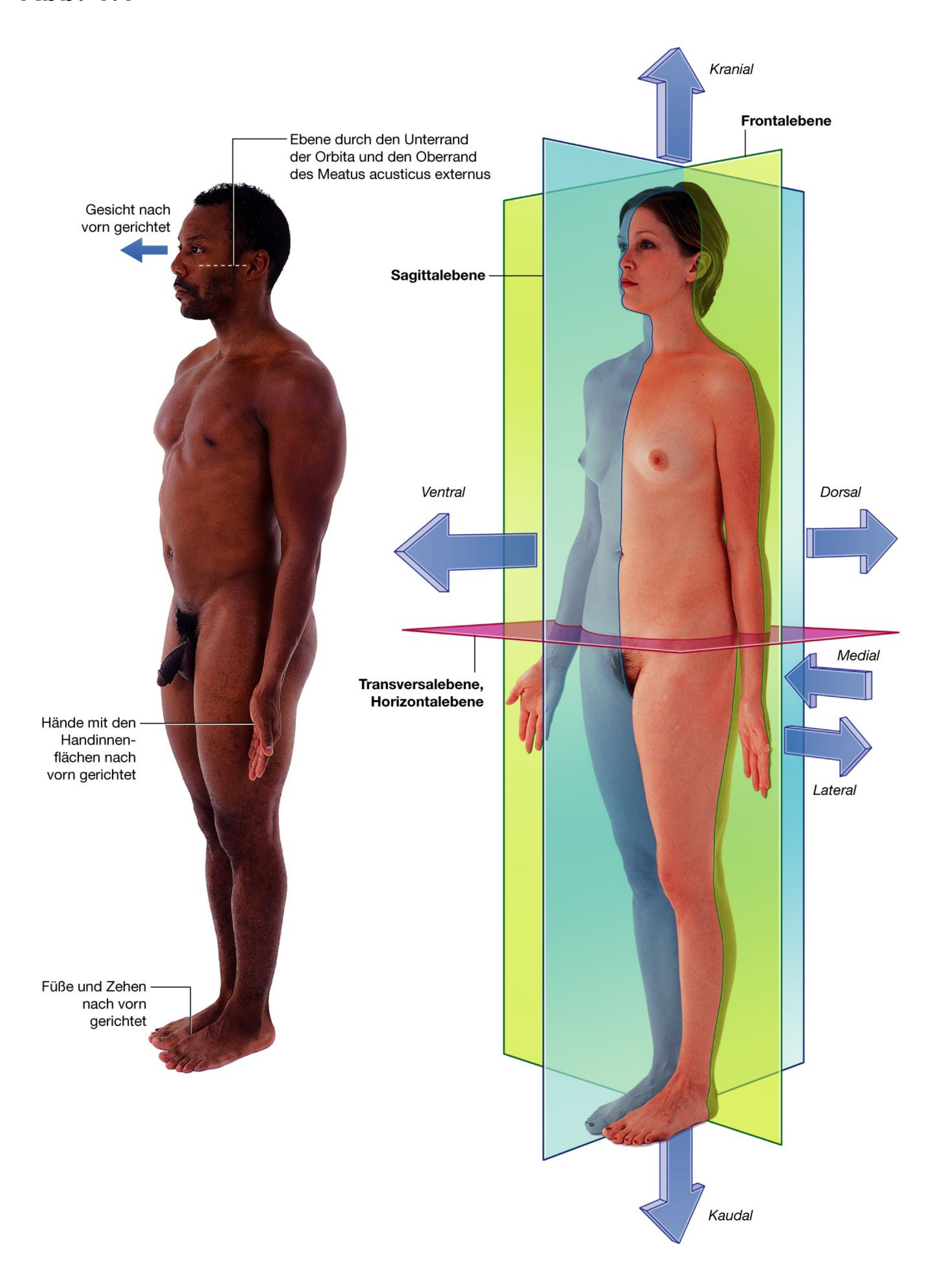
Wichtige anatomische Begriffe

Die anatomische Stellung

Die anatomische Grundstellung ist die Standardreferenzstellung des Körpers zur Beschreibung der Lokalisation von Strukturen (Abb. 1.1). Der Körper befindet sich in anatomischer Grundstellung, wenn die Füße zusammenstehen, die Arme und Hände seitlich herabhängen und das Gesicht nach vorn gewendet ist. Der Mund ist geschlossen und der Gesichtsausdruck neutral. Der Knochen unterhalb der Augenhöhle befindet sich auf gleicher Höhe mit dem äußeren Gehörgang. Die Augen sind geöffnet und fokussieren auf einen Punkt in der Ferne. Die Handinnenflächen sind nach vorn gerichtet, die Finger gestreckt und die Daumen am weitesten vom Körper entfernt. Auch die Zehen sind nach vorn gerichtet.

2

Abb. 1.1



Anatomische Grundstellung, Ebenen und Terminologie der Lokalisationen und Orientierung.

3

Anatomische Ebenen

Man unterscheidet drei verschiedene Ebenen, die in anatomischer Stellung durch den Körper verlaufen (Abb. 1.1).

- **Frontalebenen** sind vertikal ausgerichtet, verlaufen in Richtung der Stirn senkrecht zur Sagittalebene und teilen den Körper in vordere und hintere Anteile.
- **Sagittalebenen** sind vertikal ausgerichtete Ebenen, die rechtwinklig auf den Frontalebenen stehen und den Körper in rechte und linke Anteile teilen. Die Sagittalebene, die genau durch die Körpermitte zieht, wird als **Median-ebene** (Symmetrieebene) bezeichnet. Sie teilt den Körper in zwei (theoretisch) spiegelbildlich gleiche Hälften.
- **Transversalebenen** (Horizontalebenen) sind alle Querschnittsebenen durch den Körper, die ihn in obere und untere Anteile teilen.

Terminologie zur Beschreibung von Lokalisationen

Anterior (ventral) und posterior (dorsal), medial und lateral, superior (kranial) und inferior (kaudal)

In der Anatomie werden drei Begriffspaare eingesetzt, um die Lokalisation von Strukturen in Relation zum Körper als Ganzes oder zu anderen Strukturen zu beschreiben (Abb. 1.1):

- **Anterior** (vorn) oder **ventral** (bauchwärts) und **posterior** (hinten) oder **dorsal** (rückenwärts) beschreiben die Lage von Strukturen relativ zur Vorder- oder Hinterseite des Körpers. So liegen die weiblichen Brustdrüsen ventral und die Wirbelsäule dorsal. Die weibliche Brust liegt auch ventral der Brustmuskulatur, die Wirbelsäule dorsal vom Brustbein.
- **Medial** (zur Mitte gerichtet) und **lateral** (seitlich) beschreiben die Position von Strukturen relativ zur Medianebene und den Seiten des Körpers. So liegen die Daumen lateral der Kleinfinger. Die Nase liegt in der Medianebene und medial der Augen, die wiederum medial der Ohren liegen.
- **Superior** (oben) oder **kranial** (kopfwärts) und **inferior** (unten) oder **kaudal** (schwanzwärts) beschreiben Strukturen, die als Orientierung eine Transversalachse benutzen. So liegen der Kopf kranial der Schultern und die Unterschenkel kaudal der Hüftgelenke.

Proximal und distal, rostral, ulnar und radial, tibial und fibular, volar oder palmar, dorsal und plantar

Weitere Begriffe, die benutzt werden, um Positionen zu beschreiben, sind proximal (körpernah) und distal (körperfern), rostral (schnabelwärts), ulnar (zur Elle gerichtet) und radial (zur Speiche gerichtet), tibial (zum Schienbein gerichtet) und fibular (zum Wadenbein gerichtet),

volar und palmar (zur Handinnenfläche gerichtet), dorsal (zum Handrücken oder Fußrücken gerichtet) sowie plantar (zur Fußsohle gerichtet).

- **Poximal** und **distal** werden benutzt, um Strukturen zu beschreiben, die näher (proximal) oder weiter entfernt (distal) vom Körperzentrum liegen. Sie werden besonders bei der Beschreibung der Extremitäten eingesetzt. So befindet sich die Hand distal des Ellenbogengelenks, das Schultergelenk proximal davon. Beide Begriffe werden außerdem benutzt, um die relative Position von Ästen entlang einem linearen Verlauf wie Luftwegen, Blutgefäßen und Nerven zu beschreiben. So sind distale Äste weiter entfernt vom Ursprung als proximale Äste.
- **Rostral** ist ein Begriff, der am Kopf anstelle des Begriffs ventral eingesetzt wird. Die Nase liegt beispielsweise rostral der Ohren, oder das Frontalhirn liegt rostral des Okzipitalhirns.
- **Ulnar** und **radial** bezeichnen die Lage von Strukturen am Unterarm in ihrer Beziehung zu Elle (Ulna) und Speiche (Radius).
- **Tibial** und **fibular** bezeichnen die Lage von Strukturen am Unterschenkel in ihrer Beziehung zu Schienbein (Tibia) und Wadenbein (Fibula).
- **Dorsal** und **palmar (volar)** unterscheiden zwischen Handrücken und Handinnenfläche.
- **Dorsal** und **plantar** unterscheiden zwischen Fußrücken und Fußsohle.

Superficialis (oberflächlich) und profundus (tief)

Die beiden Begriffe dienen der Beschreibung von Strukturen in ihrer Relation zur Körperoberfläche. Das Brustbein liegt beispielsweise **oberflächlich** zum Herz, der Magen liegt **tief** im Verhältnis zur Bauchwand. Ein Ramus **superficialis** ist ein oberflächlicher Ast, ein Ramus **profundus** ein in der Tiefe gelegener Ast.

4
5

Bildgebung

DIAGNOSTISCHE BILDGEBENDE TECHNIKEN

1895 gelang es Wilhelm Röntgen erstmals, die nach ihm benannten Röntgenstrahlen aus einer Kathodenstrahlröhre auf eine Photoplatte zu projizieren. Dabei entstand die erste Radiographie von der Hand seiner Frau. Gemeinsam mit der Entwicklung in der Computertechnologie ist es in den vergangenen 30 Jahren zu einer Revolution in der Bildgebung des Körpers gekommen.

Projektionsradiographie (konventionelles Röntgen)

Die grundlegenden physikalischen Eigenschaften zur Generierung von Röntgenstrahlen haben sich nicht geändert. Röntgenstrahlen sind Photonen (eine Art elektromagnetischer Strahlung), die aus einer komplex aufgebauten Röntgenröhre, einer Art Kathodenstrahlröhre, abgegeben werden (Abb. 1.2). Anschließend werden sie durch Gitterraster geführt, die jegliche Streustrahlung zu

den Seiten verhindern (werden vom Röntgenassistenten auf das gewünschte Gebiet ausgerichtet). Beim Durchdringen des Körpers werden die Röntgenstrahlen durch das Gewebe abgeschwächt (Verlust von Energie). Die Röntgenstrahlen, die das Gewebe durchdringen, reagieren mit einem Photofilm.

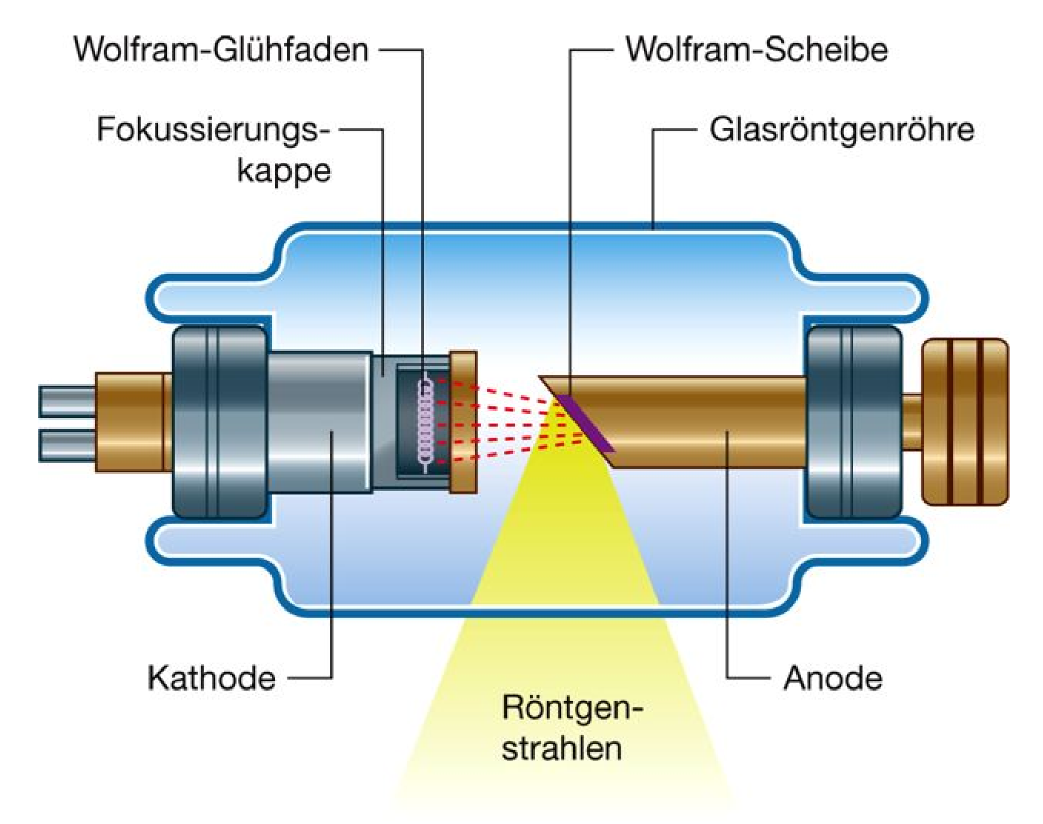
Im Körper gilt:

- Luft schwächt die Röntgenstrahlen nur sehr wenig ab.
- Fett schwächt die Röntgenstrahlen stärker ab als Luft, aber schwächer als Wasser.
- Knochen schwächt die Röntgenstrahlen am meisten ab.

Die unterschiedliche Abschwächung der Röntgenstrahlen führt zu unterschiedlicher Belichtung des Photofilms. Nach dessen Entwicklung erscheinen knöcherne Strukturen nahezu weiß, da der Film an diesen Stellen am wenigsten von Röntgenstrahlen getroffen wurde. Luft erscheint auf dem Film schwarz, da hier die meisten Röntgenstrahlen auf den Film aufgetroffen sind. Aufgrund der digitalen Revolution der vergangenen Jahre können Bilder heutzutage extrem schnell generiert und innerhalb von Sekunden auf einen Computerbildschirm geladen werden.

Modifikationen der Röntgentechnik ermöglichen es heute, Körperstrukturen als „Real-Time“- oder „Live“-Bilder auf dem Computer darzustellen. Dabei können Bewegungen anatomischer Strukturen, Bariumsulfatverabreichungen, Angiographien und Fluoroskopien direkt verfolgt werden (Abb. 1.3).

Abb. 1.2



Kathodenstrahlröhre zur Produktion von Röntgenstrahlen.

Abb. 1.3



Durchleuchtungsarbeitsplatz.

Kontrastmitteldarstellungen

Zur Darstellung bestimmter Strukturen, wie Darmschlingen und Arterien, müssen diese mit Materialien oder Substanzen aufgefüllt werden, welche die Röntgenstrahlen stärker abschwächen, als es die Strukturen unter normalen Umständen tun würden. Dabei ist es allerdings äußerst wichtig, dass die verabreichten Substanzen nicht toxisch sind. Bariumsulfat, ein unlösliches Salz, ist eine nicht toxische Substanz mit hoher Dichte, die zur Untersuchung des Gastrointestinaltrakts äußerst nützlich ist. Als **Suspension** verabreichtes **Bariumsulfat** ist in der Lage Röntgenstrahlen abzuschwächen. Es kann daher genutzt werden, um das Darmlumen darzustellen (Abb. 1.4). Gewöhnlich wird Luft gemeinsam mit der Bariumsulfatsuspension verabreicht, entweder in Form eines sehr gering röntgendichten Methylzellulose-Wasser-Gemisches oder durch Einbringen der Luft direkt in die entsprechende Körperhöhle, wie beim Bariumsulfateinlauf. Dieses Vorgehen wird als Doppelkontrastdarstellung (Luft/Barium) bezeichnet.

Abb. 1.4



Magen-Darm-Passage mittels Bariumsulfat.

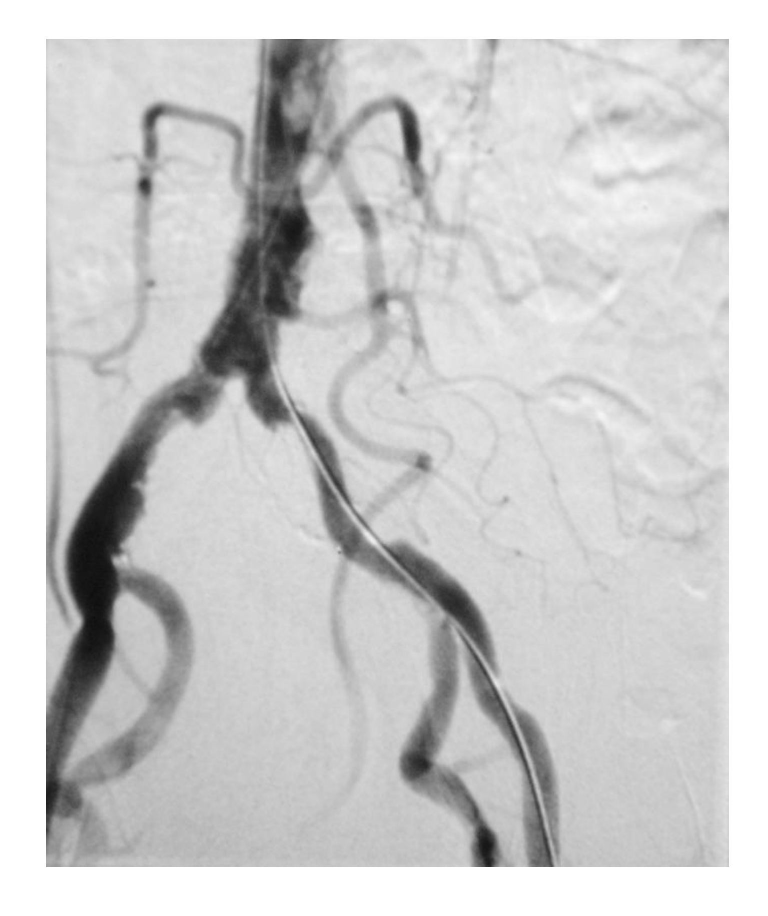
Bei manchen Patienten muss das Kontrastmittel direkt in die Arterien oder Venen eingebracht werden. In diesen Fällen werden meist iodhaltige Moleküle als Kontrastmittel eingesetzt. **Iod** wird aufgrund seiner relativ hohen Atommasse gewählt. Es absorbiert dadurch Röntgenstrahlen. Darüber hinaus wird es über den Urogenitaltrakt ausgeschieden. Intraarterielle und intravenöse Kontrastmittel sind sehr sicher und werden von den meisten

Patienten sehr gut vertragen. Selten kommt es zu anaphylaktischen Reaktionen nach intraarterieller oder intravenöser Injektion, sodass immer entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden müssen. Intraarterielle und intravenöse Kontrastmittel dienen nicht nur zur Darstellung von Arterien und Venen, sondern auch zur Darstellung von Nieren, Ureteren und Harnblase, dasie über die Nieren ausgeschieden werden. Dieser Vorgang wird als **intravenöse Urographie** (i.v. Urogramm) bezeichnet.

Subtraktionsangiographie

Bei einer Angiographie ist es häufig schwierig, die durch Kontrastmittel markierten Gefäße zu beurteilen, da sie von darüberliegenden Knochen verdeckt werden. Um das Problem zu umgehen, wurde die Subtraktionsangiographie entwickelt. Dabei werden zunächst ein oder zwei Röntgenbilder ohne Kontrastmittel angefertigt. Diese Bilder werden invertiert (aus einem Positivbild wird ein Negativbild gemacht). Nach Injektion des Kontrastmittels in die entsprechenden Gefäße wird eine weitere Serie von Röntgenbildern angefertigt, die die Füllung der Arterien mit dem Kontrastmittel sowie den Übertritt in die Venen und in die Gesamtzirkulation aufnehmen. Anschließend wird das vorab gefertigte „Negativbild" über das Kontrastbild gelegt. Hierbei werden Knochen und Weichteile „subtrahiert" bzw. vom Computer „herausgerechnet". Übrig bleiben nur die kontrastmittelgefüllten Gefäße. Früher war die Subtraktionsangiographie eine Herausforderung, heute macht der Gebrauch von Computern diese Technik relativ sicher und einfach (Abb. 1.5).

Abb. 1.5



Digitales Subtraktionsangiogramm.

6

Sonographie

Ultraschalluntersuchungen des Körpers werden in allen Bereichen der Medizin eingesetzt.

Beim Ultraschall handelt es sich um eine sehr hoch-frequente Schallwelle (keine elektromagnetische Strahlung), die durch piezoelektrische Materialien generiert wird, sodass eine Serie von Schallwellen entsteht. Von Bedeutung ist dabei, dass das piezoelektrische Material die Schallwellen, die von den inneren Organen zurückgeworfen werden, auch wieder registrieren kann. Die Schallwellen werden anschließend von einem Computer ausgewertet. Dabei entsteht ein Livebild auf dem angeschlossenen Monitor.

Dopplersonographie

Die Dopplersonographie ermöglicht die Darstellung eines Flusses, seiner Richtung und Geschwindigkeit innerhalb eines Blutgefäßes durch einfache Ultraschalltechnik. Dabei treffen die Schallwellen auf sich bewegende Strukturen und werden zurückgeworfen. Der Grad der Frequenzverschiebung sagt etwas darüber aus, ob und mit welcher Geschwindigkeit sich ein Objekt vom Schallkopf weg oder zum Schallkopf hin bewegt. Dadurch können genaue Messungen des Blutflusses und der Flussgeschwindigkeit durchgeführt werden, die die Erkennung und Quantifizierung von Engstellen oder Verschlüssen in den untersuchten Gefäßen ermöglichen.

Weiterentwicklungen der Ultraschalltechnologie haben zu einer großen Palette an verschiedenen Schallköpfen mit einem breiten Frequenzbereich geführt, sodass inzwischen fast der gesamte Körper mithilfe von Ultraschall untersucht werden kann.

Ursprünglich wurde Ultraschall zur Beurteilung des Abdomens (Abb. 1.6) und des Fetus bei Schwangeren entwickelt. Heutzutage werden auch Augen, Hals, Weichgewebe sowie das periphere muskuloskelettale System sonographiert. Mittlerweile werden Schallköpfe auch in Kombination mit Endoskopen eingesetzt. Dadurch ist der endoluminale Ultraschall der Speiseröhre, des Magens oder des Duodenums zur Routine geworden. Ultraschall von Körperhöhlen wird ebenfalls routinemäßig bei Frauen als transvaginale oder transrektale Sonographie durchgeführt. Bei Männern ist der transrektale Schall die Methode der Wahl zur Untersuchung der Prostata bei Verdacht auf Prostatahypertrophie oder karzinom.

Computertomographie

Die Computertomographie (CT) wurde in den 70er-Jahren des vorigen Jahrhunderts von Sir Godfrey Hounsfield entwickelt, der 1979 dafür den Nobelpreis für Medizin erhielt. Seitdem wurde sie durch immer neue CT-Scanner ständig weiterentwickelt. Einfach ausgedrückt erzeugt der Computertomograph eine Serie von Schichtbildern (Schnitten) durch den Körper in transversaler Ebene.

Abb. 1.6



Abdomensonographie.

Der Patient liegt auf einer Trage, die Röntgenröhre fährt zirkulär um den Körper (Abb. 1.7) und nimmt Bilder auf. Anschließend errechnet der Computer mittels komplexer mathematischer Bildanalysetechnik aus den zahlreichen aufgenommenen Daten ein Schnittbild (Abb. 1.8).

Magnetresonanztomographie

Die Technik der Magnetresonanztomographie wurde erstmals 1946 im Zusammenhang mit der Strukturbestimmung komplexer Moleküle beschrieben. Die physikalische Komplexität, die notwendig ist, um eine Abbildung zu erhalten, sprengt den Umfang dieses Buches. Der Leser sollte allerdings wissen, wie ein Bild entsteht und welche verschiedenen Bildtypen normalerweise in der medizinischen Routine genutzt werden.

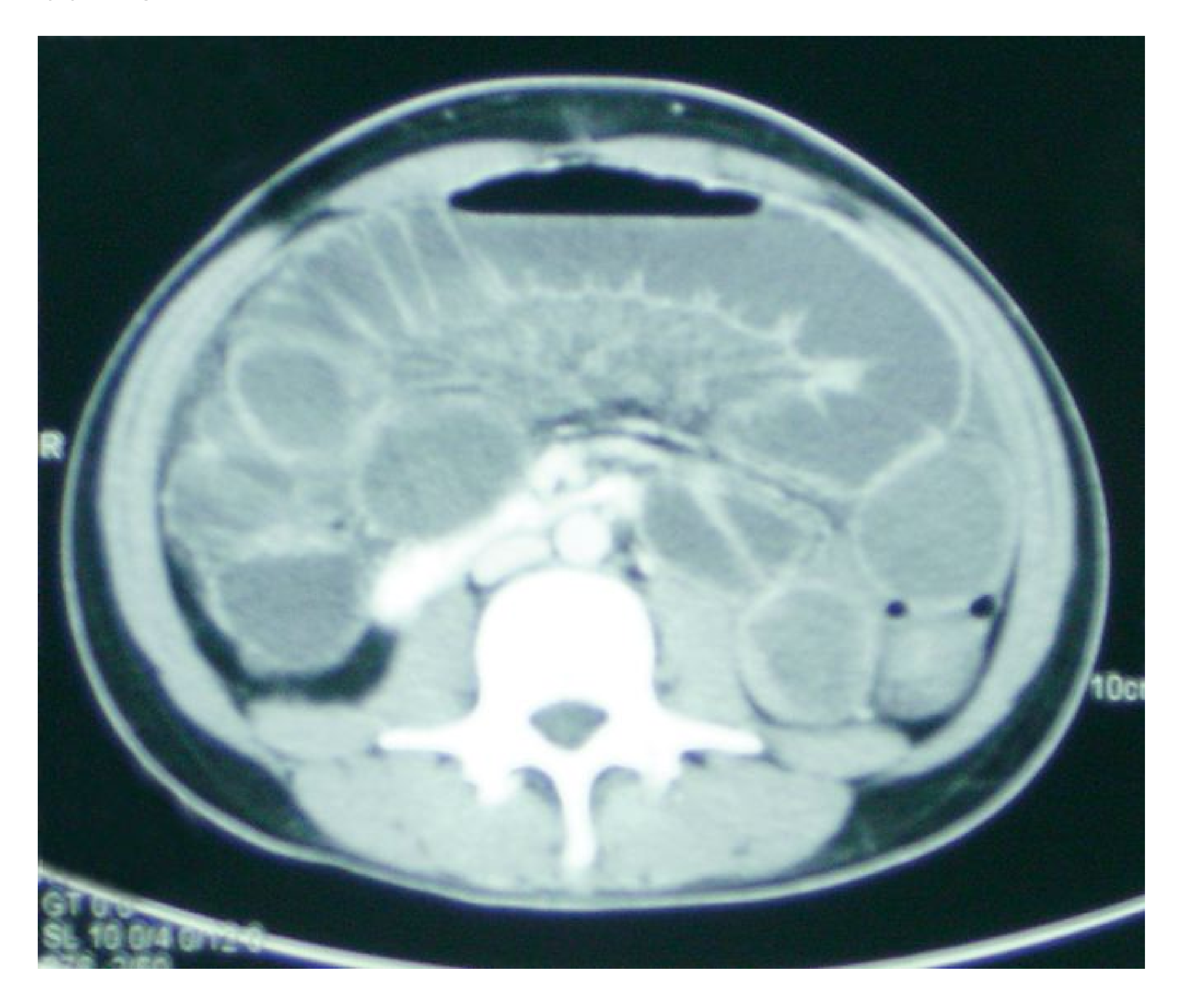
Der Mechanismus der Magnetresonanztomographie (MRT; im Englischen MRI für magnetic resonance imaging) hängt von den freien Protonen im Kern der Wasserstoffatome von Wassermolekülen (H_2O) ab. Da Wasser in fast allen biologischen Geweben vorkommt, ist das Wasserstoffproton ideal geeignet. Man muss sich die Protonen in der Hydrathülle des Kerns eines Patienten wie kleine Stabmagneten vorstellen, die wahllos im Raum orientiert sind. Der Patient wird einem sehr starken Magnetfeld ausgesetzt, das die Stabmagneten ausrichtet. Wenn der Patient kurzfristig einem Radiowellenpuls ausgesetzt wird, werden die Magneten ausgelenkt. Bei Rückkehr in die ausgerichtete Position emittieren die Magneten kleine Radiowellen. Stärke, Frequenz und die Zeit, die von den Protonen benötigt wird, um in ihr Ursprungsstadium zurückzukehren, beeinflussen das emittierte Signal. Dieses Signal wird von einem Computer analysiert, der daraus ein Bild erstellt (Abb. 1.9).

Abb. 1.7



Computertomograph.

Abb. 1.8



Computertomographie des Abdomens auf Höhe LWK 2.

Durch Veränderung der Sequenz von Impulsen, mit der die Protonen angeregt werden, können verschiedene Eigenschaften der Protonen beurteilt werden. Diese Eigenschaften werden als (Ge-) Wichtung des Scans bezeichnet. Durch Veränderung der Pulssequenz und der Scanning-Parameter können T1-gewichtete und T2-gewichtete Bilder hergestellt werden, die unterschiedliche Gewebeeigenschaften betonen.

Aus klinischer Sicht

- zeigen die meisten T1-gewichteten Bilder Flüssigkeiten dunkel und Fett hell – beispielsweise stellt sich der Liquor dunkel dar.
- zeigen die meisten T2-gewichteten Bilder ein helles Signal für Flüssigkeiten und ein mittelhelles Signal für Fett – so erscheint der Liquor in den Hirnventrikeln weiß.

Die MRT kann darüber hinaus zur Flussbestimmung in Gefäßen eingesetzt und genutzt werden, um Angiographien der peripheren und zerebralen Zirkulation zu erstellen.

Szintigraphie

Bei der Szintigraphie werden Gammastrahlen zur Bildgebung eingesetzt, eine weitere Form der elektromagnetischen Strahlung. Der entscheidende Unterschied zwischen Gamma- und Röntgenstrahlen liegt darin, dass Gammastrahlen aus dem Zerfall instabiler Atomkerne entstehen, während Röntgenstrahlen durch den Beschuss von Atomen mit Elektronen entstehen.

Abb. 1.9



Magnetresonanztomogramm. Sagittalschnitt durch Abdomen und Becken einer schwangeren Frau.

8

Zur Darstellung eines Gebietes muss dem Patienten ein Gammastrahler verabreicht werden, der verschiedene Eigenschaften besitzen muss:

- Eine angemessene (nicht zu lange) Halbwertszeit (6 – 24 h)
- Eine einfach messbare Gammastrahlung
- Eine möglichst niedrige Strahlendosis für den Patienten.

Das am häufigsten eingesetzte Radionuklid (Radioisotop) ist Technetium-99m. Es kann als Technetiumsalz oder in Kombination mit anderen Molekülen injiziert werden. So entsteht durch die Kombination von Technetium-99m mit Methylendiphosphonat (MDP) ein radiopharmazeutisches Produkt. Wenn dieses in den Körper injiziert wird, bindet es besonders an Knochen und dient der Beurteilung des Skelettsystems. Auf ähnliche Weise kann Technetium mit anderen Verbindungen kombiniert werden, die der Beurteilung anderer Gewebe und Organe im Körper dienen, wie Urogenitaltrakt oder Gehirndurchblutung.

Nach der Injektion und abhängig davon, wie das Radiopharmakon absorbiert, verteilt, metabolisiert und aus dem Körper ausgeschieden wird, werden Abbildungen mithilfe einer Gammakamera generiert (Abb. 1.10).

Positronenemissionstomographie

Die Positronenemissionstomographie (PET) ist eine bildgebende Methode, bei der Positronen emittierende Radionuklide detektiert werden. Ein Positron ist ein Anti-Elektron, ein positiv geladener Partikel aus Antimaterie. Die Positronen werden von zerfallenden protonreichen Radionukliden emittiert. Die meisten dieser Radionuklide werden in einem Zyklotron generiert und haben extrem kurze Halbwertszeiten.

Das am häufigsten für die PET eingesetzte Radionuklid ist Fluordesoxyglukose (FDG), das mit Fluor-18 (einem Positronenemitter) gekoppelt ist. Gewebe mit hoher aktiver Glukosemetabolisierung nehmen das Radionuklid auf und sind als „hot spot“ im Vergleich zur Hintergrundemission abgrenzbar.

Abb. 1.10



Gammakamera.

Die PET hat sich als wichtiges bildgebendes Instrument beim Nachweis, bei der Behandlung und Verlaufskontrolle von Tumoren etabliert.

BILDAUSWERTUNG

Bildgebende Verfahren sind in nahezu allen klinischen Fächern zur Diagnose von pathologischen Gewebeveränderungen von Bedeutung. Daher muss man beurteilen können, was normal und was pathologisch ist. Auch die Kenntnis der Bildentstehung, normaler Varianten und technischer Faktoren ist erforderlich, um eine radiologische Diagnose zustellen. Ohne genaue Kenntnisse der Anatomie der zu beurteilenden Region kann ein Bild nicht als normal oder pathologisch eingeordnet werden.

Konventionelles Röntgen

Normale Röntgenaufnahmen sind zweifellos die in Krankenhaus und Praxis am häufigsten generierten Bilder. Vor der Auswertung muss man klären, mit welcher Technik das Bild aufgenommen wurde und ob es sich um eine Standardaufnahme handelt.

Meist (mit Ausnahme der Röntgenaufnahme des Thorax) ist die Röntgenröhre 1 m vom Röntgenfilm entfernt. Das zu beurteilende Objekt, beispielsweise eine Hand oder ein Fuß, wird direkt auf den Röntgenfilm aufgelegt. Bei der Bildbeschreibung wird der Anteil, der dem Röntgengerät am nächsten ist, als „anterior", der Teil, der dem Röntgenfilm am nächsten ist, als „posterior" bezeichnet. Bei der Betrachtung eines Röntgenbildes am Röntgenschirm wird das Röntgenbild mit der rechten Seite des Patienten auf die linke Seite des Betrachters gehängt, sodass es in anatomischer Position angesehen wird.

Thorax-Röntgen

Das Thorax-Röntgen ist eine der am häufigsten angeforderten Röntgenaufnahmen. Die Aufnahme wird in stehender Position im posteroanterioren (pa) Strahlengang gemacht (der Patient blickt mit dem Gesicht auf den Röntgenfilm).

Sofern ein Patient nicht stehen kann, erfolgt die Röntgenaufnahme in liegender Position im anteroposterioren Strahlengang (ap). Diese Aufnahmen sind weniger standardisiert als pa-Aufnahmen, und man sollte bei der Interpretation solcher ap-Aufnahmen Vorsicht walten lassen.

Die Thoraxaufnahme sollte immer bezüglich ihrer Qualität beurteilt werden. Filmmarker (rechts bzw. links) sollten auf die entsprechende Seite platziert werden (da sonst beispielsweise eine Dextrokardie im Rahmen eines Situs inversus fehlinterpretiert werden könnte). Eine gute Röntgenaufnahme der Brust zeigt die Lungen, die kardiomediastinale Kontur, das Zwerchfell, die Rippen und die peripheren Weichgewebe.

Röntgen-Abdomen

Röntgenaufnahmen des Abdomens werden nach Möglichkeit in stehender Position oder in Linksseitenlage gemacht. In Ausnahmefällen werden Abdomenaufnahmen auch in Rückenlage angefertigt, beispielsweise wenn eine Dünndarmobstruktion vermutet wird.

Kontrastmitteldarstellung des Gastrointestinaltrakts

Kontrastmittel hoher Dichte werden verabreicht, um die Speiseröhre, den Magen, den Dünndarm und den Dickdarm darzustellen. Wie bereits beschrieben, wird der Darm mit Luft (oder Kohlendioxid) gefüllt, um eine Doppelkontrastdarstellung zu ermöglichen. In vielen Ländern hat die Endoskopie die Kontrastmitteldarstellung des oberen Gastrointestinaltrakts als Untersuchungsmethode der ersten Wahl abgelöst. Die Methode der Wahl zur Darstellung des unteren Gastrointestinaltrakts ist aber noch immer die Doppelkontrastdarstellung mittels Bariumsulfateinlauf. Normalerweise muss der Darm des Patienten durch die Verabreichung starker Abführmittel, die zur vollständigen Entleerung des Darms führen, auf die Untersuchung vorbereitet werden. Zur Untersuchung wird dann ein kleiner Schlauch in den Darm eingeführt, über den die Bariumsuspension in den Dickdarm appliziert wird. Der Patient wird einige Male hin- und hergedreht, damit sich das Kontrastmittel im gesamten Dickdarm verteilt. Das übrige Kontrastmittel wird entleert, und über den gleichen Schlauch wird Luft in den Dickdarm

eingebracht, um den Darm zu entfalten. Die Mukosa ist von einem dünnen Film aus Bariumsulfat überzogen und ermöglicht die detaillierte Darstellung im Röntgenbild (Abb. 1.4).

Urologische Kontrastmitteldarstellung

Die intravenöse Urographie ist die Methode der Wahl zur Darstellung des Harnsystems. Das Kontrastmedium wird intravenös verabreicht; die Bilderstellung erfolgt bei Ausscheidung über die Nieren. Dabei werden mehrere Bilder aufgenommen, einmal kurz nach Injektion des Kontrastmittels und in bestimmten Abständen bis etwa 20 min später, wenn die Harnblase mit dem Kontrastmittel gefüllt ist.

Eine solche Bildserie erlaubt die Beurteilung der Nieren, der Ureteren und der Harnblase und zeigt außerdem, ob Strukturen des Retroperitoneums den Harntrakt einengen.

Computertomographie

Die Begriffe Computertomographie und computergestützte Tomographie werden von Ärzten synonym eingesetzt, allerdings ist der Begriff Computertomographie verbreiteter.

Das Prinzip der Computertomographie wurde bereits beschrieben. Für den Studierenden ist es wichtig, die Art der Bildpräsentation verstanden zu haben. Die meisten Bilder werden in einer axialen (transversalen, horizontalen) Ebene generiert. Bei der Bildbetrachtung am Röntgenschirm blickt man immer von unten (von den Füßen) nach oben (in Richtung Kopf) des Patienten. Das bedeutet:

- Die rechte Seite des Patienten befindet sich auf der linken Bildseite.
- Die Oberkante des Bildes ist anterior.

Diese computertomographische Darstellungstechnik wird für den gesamten Körper angewendet. Jede Abweichung von diesem Standard muss gesondert markiert werden.

Viele Patienten erhalten oral und intravenös Kontrast-mittel, um zwischen Darmschlingen und anderen Abdominalorganen zu unterscheiden und um die Blutversorgung normaler anatomischer Strukturen darzustellen. Nach intravenöser Kontrastmittelgabe ist es möglich, durch eine frühe Bildakquisition vor allem eine Kontrastierung arterieller Gefäße zu erreichen; eine zeitlich verzögerte Aufnahme zeigt entsprechend einen stärkeren Parenchym- bzw. Venenkontrast. Bei bestimmten Fragestellungen können auch unterschiedliche Kontrastierungsphasen hintereinander akquiriert werden.

Der große Vorteil der Computertomographie ist die Möglichkeit, die Grauintensität verstärken oder vermindern zu können, um Knochen, Weichteile und innere Organe darzustellen. Veränderungen der „Fenstereigenschaften“ geben dem Arzt spezifische Informationen über die zu untersuchenden Strukturen.

Magnetresonanztomographie

Es gibt keinen Zweifel daran, dass die MRT das Verständnis und die Interpretation von Hirn- und Schädelstrukturen revolutioniert hat. Darüber hinaus hat sie auch verstärkt Eingang in die

Beurteilung des muskuloskelettalen Systems sowie in die Chirurgie gefunden. Bilder können in jeder Ebene und in den meisten Sequenzen aufgenommen werden. Normalerweise werden die Bilder nach den gleichen Prinzipien wie bei der CT beurteilt. Um einen besseren Gewebekontrast zu erreichen, werden auch hier intravenös verabreichte Kontrastmittel eingesetzt. Normalerweise enthalten MRT-Kontrastmittel paramagnetische Substanzen (beispielsweise Gadolinium und Mangan).

10

11

Nuklearmedizinische Bildgebung

Bei den meisten nuklearmedizinischen Bildern handelt es sich um funktionelle Studien. Die Bilder werden gewöhnlich direkt am Computer beurteilt und für den klinischen Gebrauch abgespeichert und ausgedruckt.

SICHERHEIT BEI DER BILDGEBUNG

Bei jeder Röntgen- oder nuklearmedizinischen Untersuchung wird dem Patienten eine gewisse Strahlendosis verabreicht (Tab.1.1).Generell sollte immer die niedrigste verantwortbare Dosis gewählte werden, mit der man ein diagnostisch verwertbares Bild erhält. Zahlreiche Gesetze (Röntgenverordnung) regeln die Strahlendosis, die ein Patient im Rahmen einer bestimmten Untersuchung oder mehrerer verschiedener Untersuchungen erhalten darf. Bei jeder verordneten radiologischen Untersuchung sollte sich der anordnende Arzt über die Risiken für den Patienten im Klaren sein. Er sollte die Strahlendosis kennen, die dem Patienten durch die Untersuchung verabreicht wird, und er sollte immer abschätzen können, ob der Nutzen dabei die Risiken überwiegt.

Tab. 1.1 Strahlendosis

Untersuchung	Typische effektive Dosis (mSv)	Äquivalente Dauer durch Umweltbestrahlung
Röntgen-Thorax	0,02	3 Tage
Röntgen-Abdomen	1,00	6 Monate
Intravenöse Urographie	2,50	14 Monate
Kopf-CT	2,30	1 Jahr
Abdomen- und Becken-CT	10,00	4,5 Jahre

Bildgebungsmodalitäten wie Ultraschall und MRT sind ideal, da sie für den Patienten kein signifikantes Risiko bergen. Ultraschall ist darüber hinaus die Methode der Wahl zur Untersuchung von Feten.

Jede bildgebende Untersuchung verursacht beträchtliche Kosten. Je komplexer die Untersuchungstechnik ist (z. B. MRT), desto teurer ist die Untersuchung. Jede Untersuchung muss wohlüberlegt durchgeführt werden. Sie sollte auf einer fundierten klinischen Anamnese und Untersuchung beruhen, und hierfür ist eine genaue Kenntnis der Anatomie grundlegend.

11

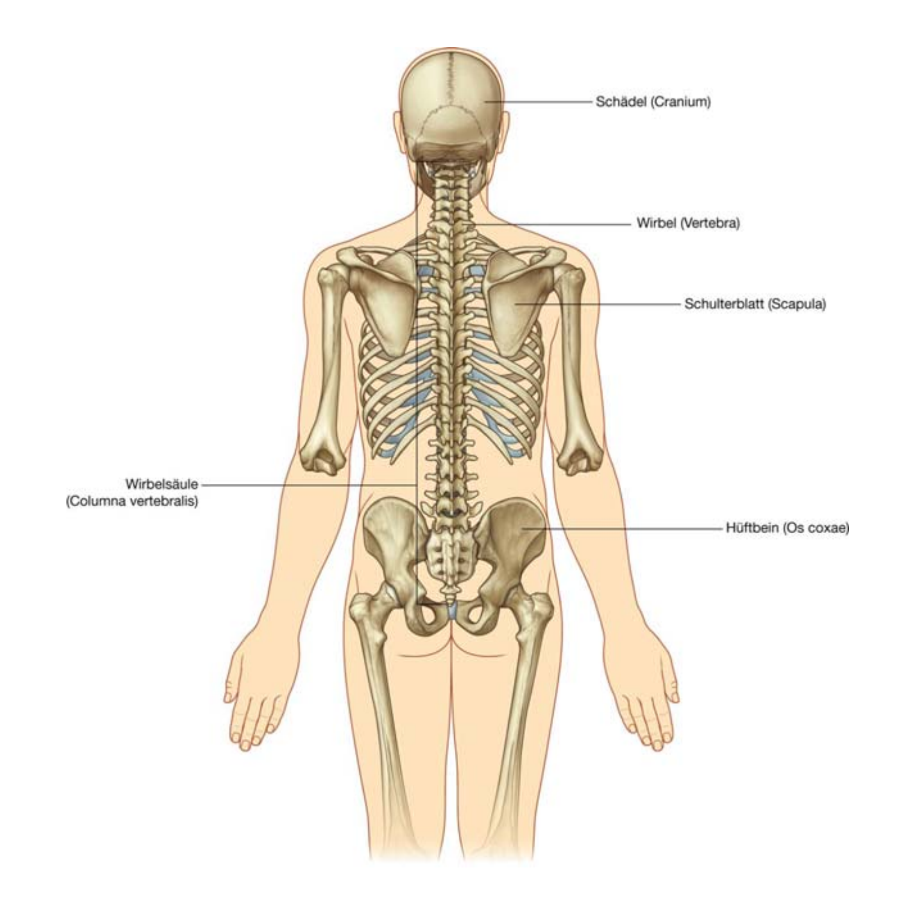
2 Rücken

Übersicht

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Der Rücken (Dorsum) bildet die durch Nacken, Schultern und Gesäß begrenzte Rückseite des Rumpfes und beinhaltet zur Stabilisierung Skelettelemente und Muskulatur. Den größten Anteil seines Skelettsystems bilden die Wirbel, allerdings sind auch die proximalen Rippenanteile, die oberen knöchernen Beckenanteile sowie die unteren Anteile des Schädels am Skelettsystem des Rückens beteiligt (Abb. 2.1).

Abb. 2.1



Knöcherne Skelettelemente des Rückens.

Entsprechende Muskeln verbinden die Wirbel und Rippen untereinander sowie mit den Hüftbeinen des Beckens und dem Schädel. Der Rücken umfasst das Rückenmark und die proximalen Anteile der Spinalnerven, die Informationen zum und aus dem größten Teil des Körpers übermitteln.

14
15

FUNKTIONEN

Stützfunktion

Die Skelettelemente und die Muskulatur des Rückens halten das Körpergewicht und übertragen die Last über das Becken auf die am Becken befestigten unteren Extremitäten, die über die Muskulatur ausgerichtet werden können. Außerdem tragen und bewegen Skelettelemente und Muskulatur des Rückens den Kopf. Die Wirbelsäule liegt dorsal in der Mittellinie. Beim Blick von der Seite erkennt man mehrere Krümmungen (Abb. 2.2):

- Die primäre Krümmung der Wirbelsäule ist eine **Kyphose** (nach hinten konvexe Krümmung). Sie spiegelt die Krümmung des Embryos wider und wird in der Brustwirbelsäule und im Kreuzbein (Os sacrum) des Erwachsenen beibehalten.
- Infolge der „Aufrichtung" des Menschen entsteht ein Knick zwischen Lendenwirbelsäule und Kreuzbein sowie zwischen Brust- und Halswirbelsäule, um die Körperschwerkraft in eine zentrische Linie zu bringen und den Körpermittelpunkt im Rahmen der Schwerkraft mit möglichst geringem Verbrauch von Muskelenergie auszubalancieren. Diese nach vorn konvexe Krümmung wird als **Lordose** bezeichnet.
- Eine Krümmung der Wirbelsäule in der Frontalebene wird als **Skoliose** bezeichnet. Geht sie über ein geringes Maß hinaus, ist sie pathologisch und führt zu Problemen. Sie tritt mit gleichzeitiger Rotation und Torsion infolge Asymmetrie von Wirbelsäulenkomponenten angeboren oder erworben auf.

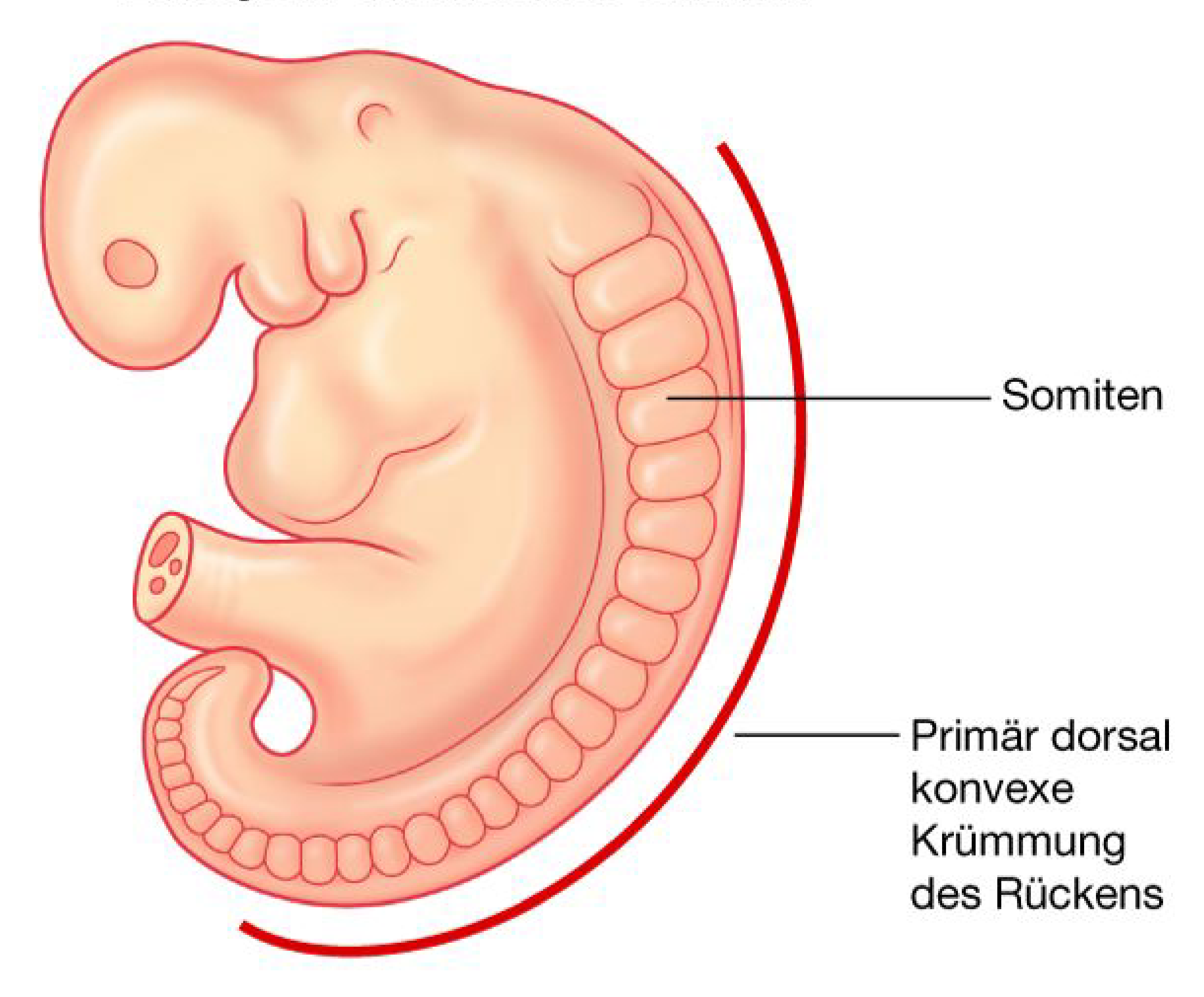
Da die Belastung der Wirbelsäule von zervikal nach lumbal (von der Hals- zur Lendenwirbelsäule) zunimmt, treten vor allem im unteren Abschnitt der Wirbelsäule oft Rückenprobleme auf.

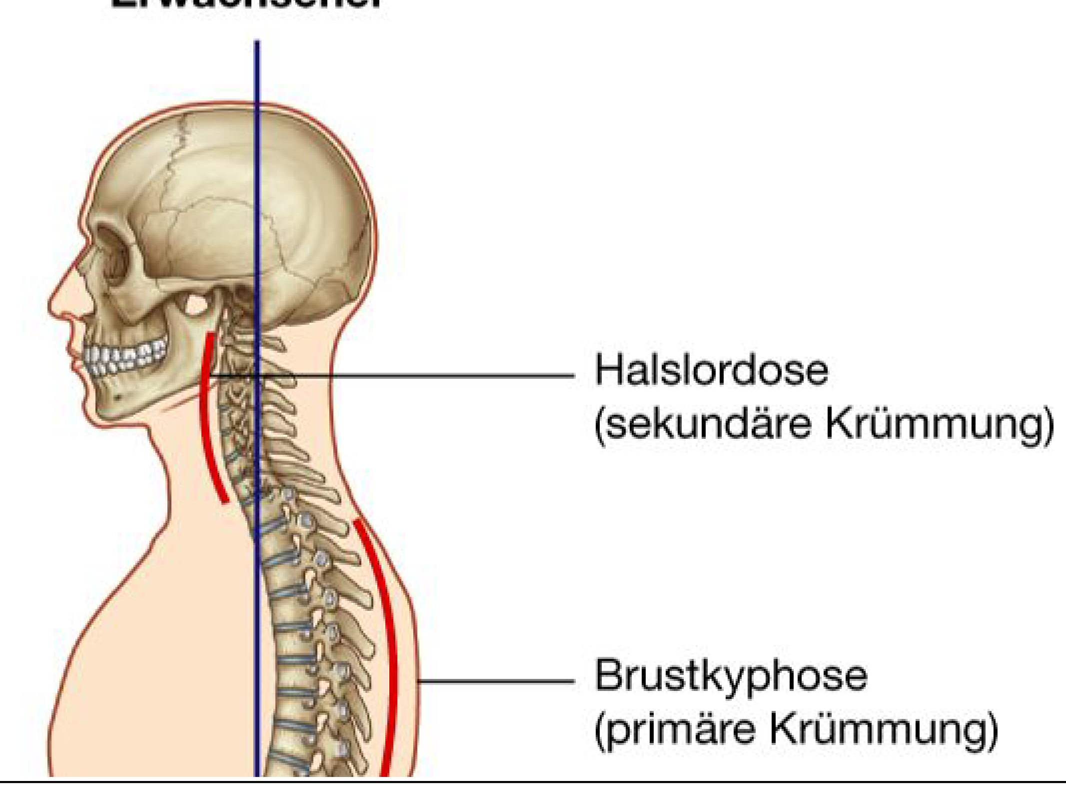
Beweglichkeit

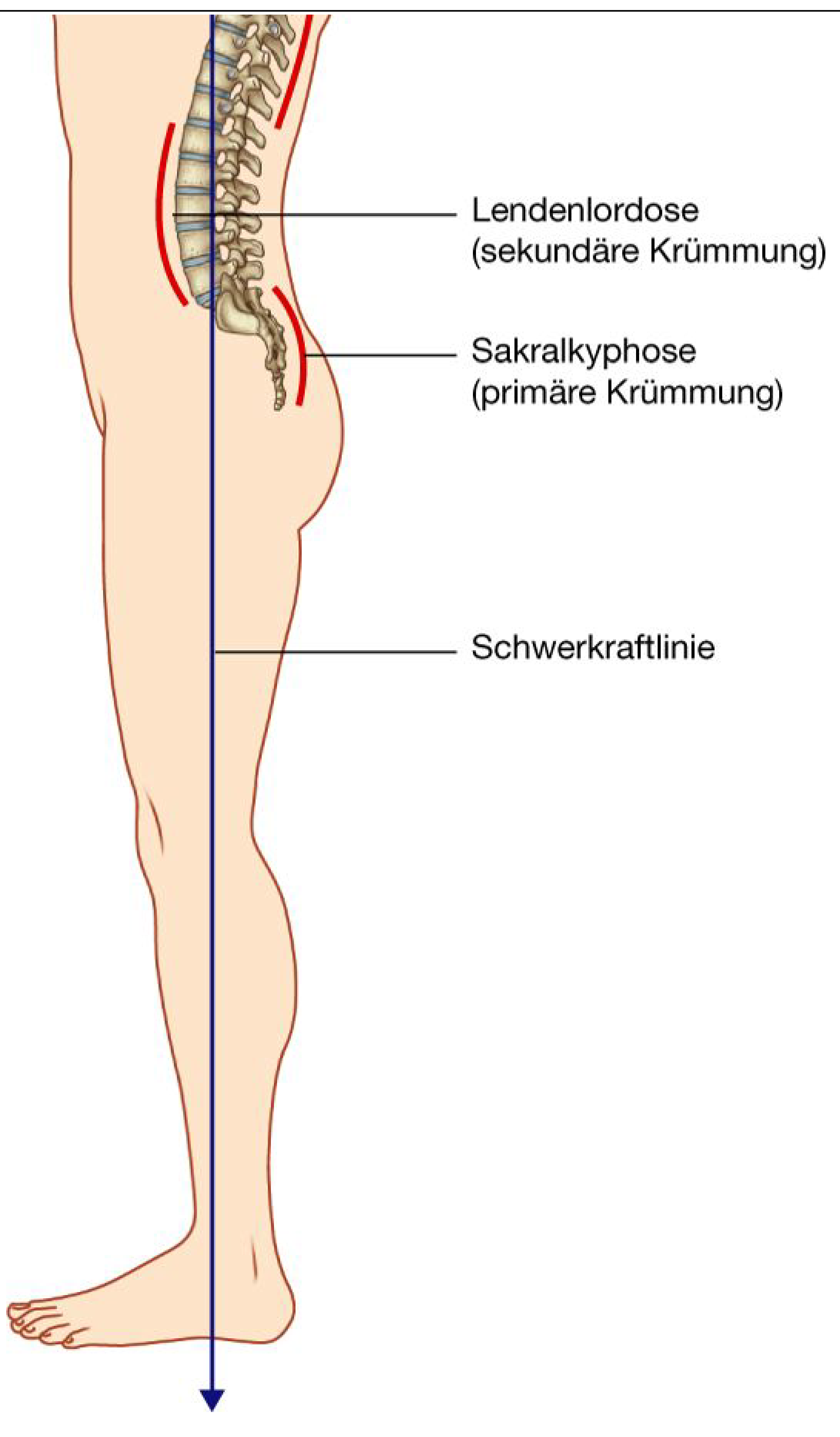
Die Muskulatur des Rückens besteht aus oberflächlichen (sekundär eingewanderten) und tiefen (primären, autochthonen) Muskelgruppen:

- Die oberflächlichen Muskeln des Rückens bewegen die obere Extremität und die Rippen.
- Die tiefen Muskeln des Rücken dienen der Körperhaltung und bewegen die Wirbelsäule – die Bewegungen umfassen Flexion, Extension, Seitwärtsneigung und Rotation (Abb. 2.3).

Abb. 2.2


Embryo in einem frühen Stadium
Somiten
Primär dorsal konvexe Krümmung des Rückens


Erwachsener
Halslordose (sekundäre Krümmung)
Brustkyphose (primäre Krümmung)

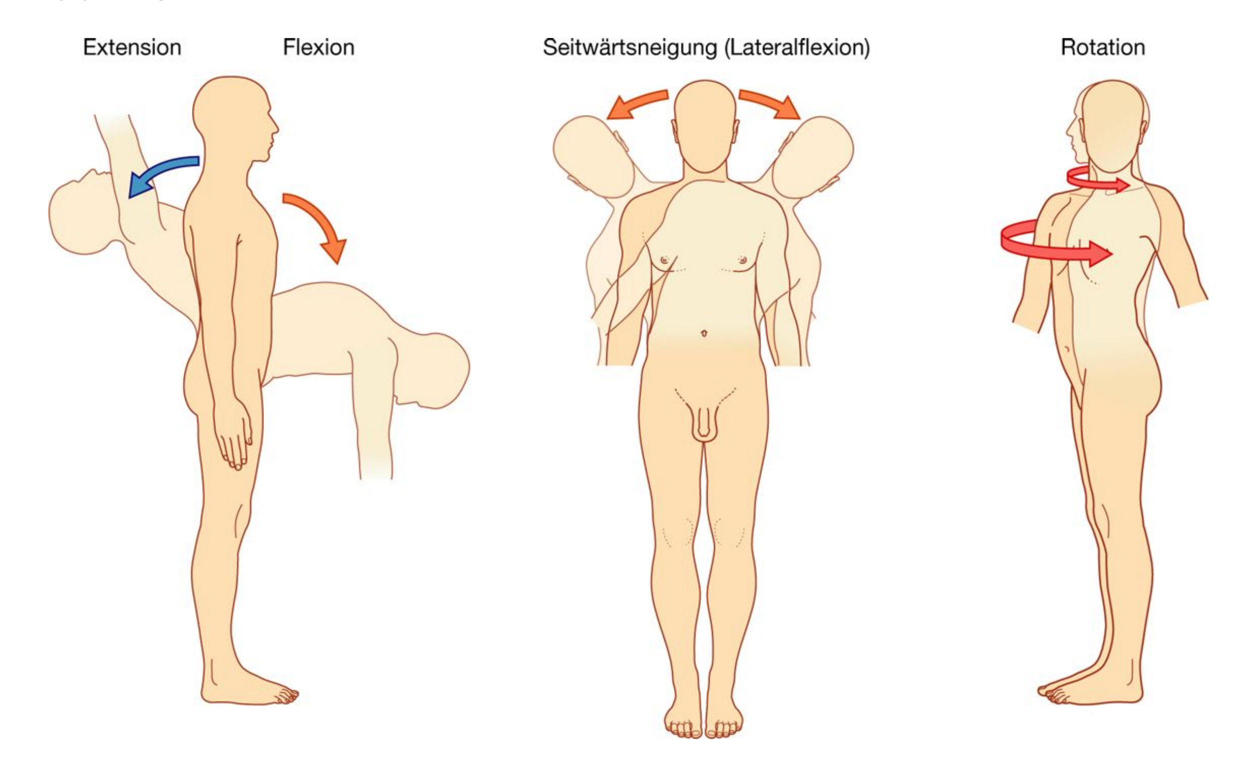


Krümmungen der Wirbelsäule.

Obwohl der Bewegungsspielraum innerhalb eines Wirbelsegments (bestehend aus zwei Wirbeln) begrenzt ist, ist das Gesamtbewegungsausmaß durch Summation sämtlicher Bewegungen in den einzelnen Segmenten sehr groß. Das Bewegungsausmaß ist in der Hals- und Lendenwirbelsäule am größten. Im Brustbereich sind die Wirbel durch den knöchernen Thorax in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt; das Kreuzbein ist im knöchernen Beckenring fixiert. Ventral der Wirbelsäule anliegende Muskeln dienen der Beugung der Wirbelsäule nach vorn.

15
16

Abb. 2.3



Beweglichkeit des Rückens

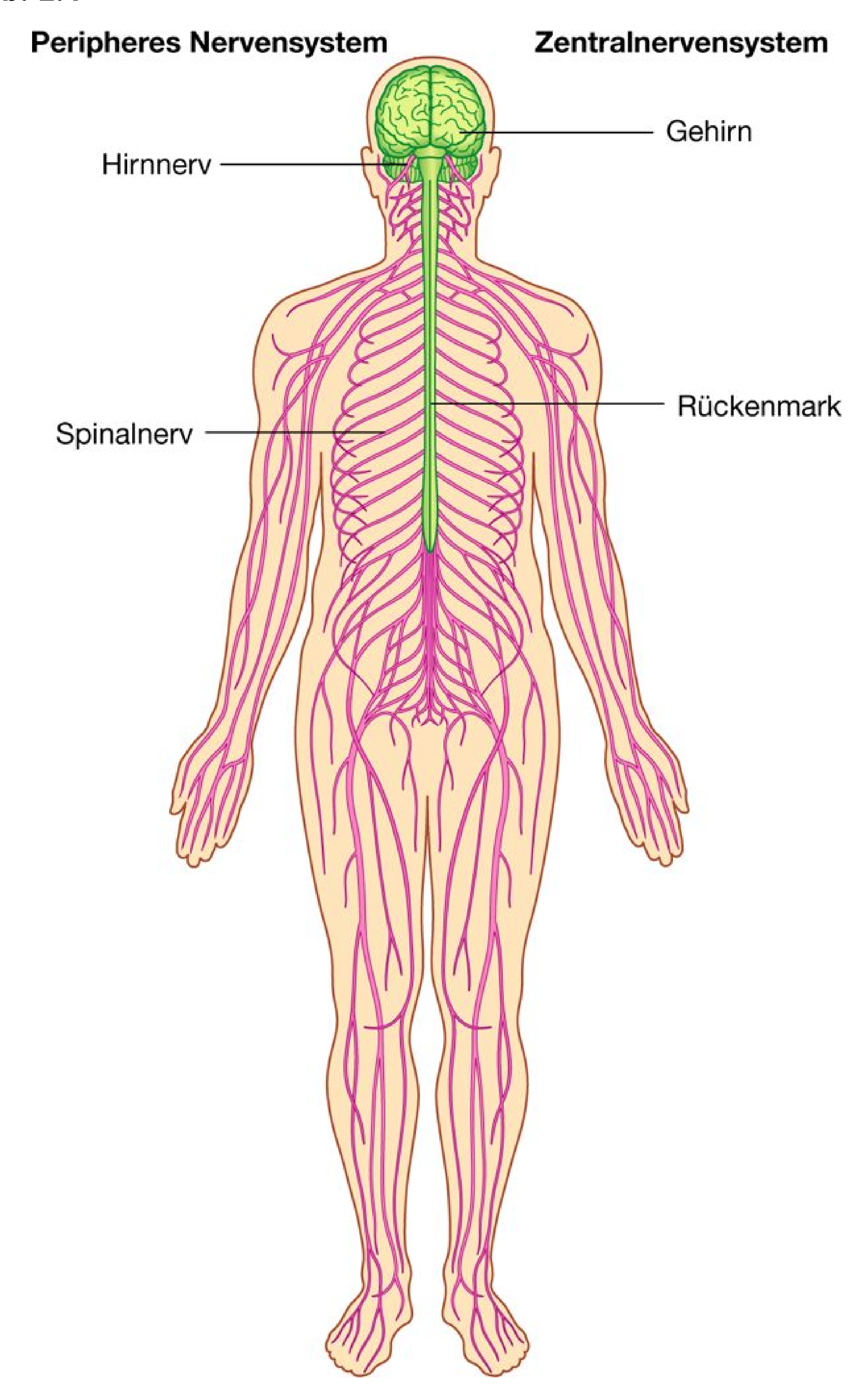
Erster und zweiter Halswirbel (Atlas, C1, und Axis, C2) sowie die zugehörigen Muskeln weisen Spezialisierungen auf, die der Haltung und Bewegung des Kopfes dienen. Im Gelenk zwischen Schädel und Atlas (C1) kann der Kopf hauptsächlich nach vorn und hinten geneigt werden; im Gelenk zwischen Atlas (C1) und Axis (C2) kann der Kopf hauptsächlich rotiert werden.

Schutz des zentralen und peripheren Nervensystems

Gehirn und Rückenmark bilden das Zentralnervensystem (ZNS), Hirnnerven und Spinalnerven das periphere Nervensystem (PNS).

Die Wirbelsäule und die umgebenden Rückenweichgewebe ummanteln das Rückenmark und den Anfangsteil der Spinalnerven (Abb. 2.4). Die sich anschließenden distalen Spinalnervenanteile ziehen zu allen Körperregionen einschließlich bestimmter Kopfbereiche.

Abb. 2.4



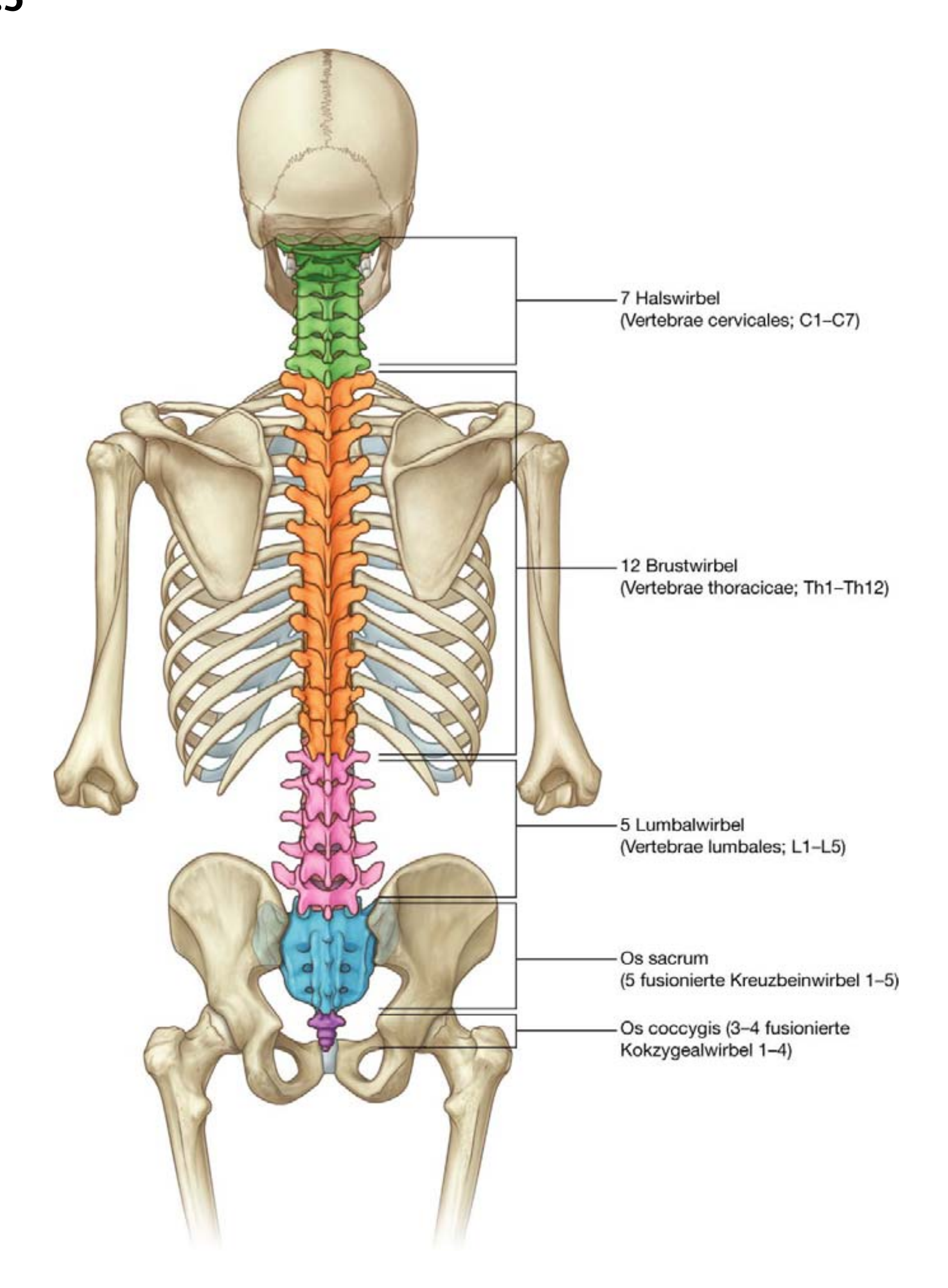
Nervensystem.

BESTANDTEILE

Knochen

Die Hauptknochen des Rückens sind die 33 Wirbel (Vertebrae; Abb. 2.5). Zahl und spezifische Eigenschaften der Wirbel hängen von ihrer Lage innerhalb der Wirbelsäule ab. Die Wirbelsäule besteht aus sieben Zervikal- (Hals-), zwölf Thorakal- (Brust-), fünf Lumbal- (Lenden-), fünf Sakral- (Kreuzbein-) und drei bis vier Kokzygeal- (Steißbein-) wirbeln. Die Sakralwirbel fusionieren zu einem einzelnen Knochen, dem Os sacrum. Die Kokzygealwirbel sind rudimentäre Wirbel. Sie variieren in ihrer Anzahl zwischen drei und vier und fusionieren oft ebenfalls zu einem einzelnen Os coccygis.

Abb. 2.5



Wirbel.

Der typische Wirbel

Der typische Wirbel (Abb. 2.6) besteht aus Wirbelkörper (Corpus vertebrae) und Wirbelbogen (Arcus vertebrae).

Der Wirbelkörper ist nach ventral gerichtet und stellt die kraftaufnehmende Struktur des Wirbels dar. Seine Größe nimmt von C1 bis L5 kontinuierlich zu. Die einzelnen Wirbelkörper werden durch Zwischenwirbelscheiben (Disci intervertebrales) voneinander getrennt.

Der Arcus vertebrae ist über zwei kurze Fortsätze (Pediculi arcus vertebrae) an der lateralen Rückseite der Wirbelkörper befestigt. Die Pediculi bilden die lateralen Pfeiler des Wirbelbogens. Die Wurzel des Arcus vertebrae wird von der rechten und linken Lamina arcus vertebrae gebildet, die in der Mittellinie fusionieren.

Die Wirbelbögen der Wirbelsäule sind so ausgerichtet, dass sie die laterale und dorsale Wand des Spinalkanals bilden, der sich vom ersten Halswirbel (C1) bis zum letzten fusionierten Sakralwirbel (S5) erstreckt. Dieser knöcherne Kanal enthält das Rückenmark und dessen Hüllen sowie Blutgefäße, Bindegewebe, Fett und die proximalen Abschnitte der Spinalnerven.

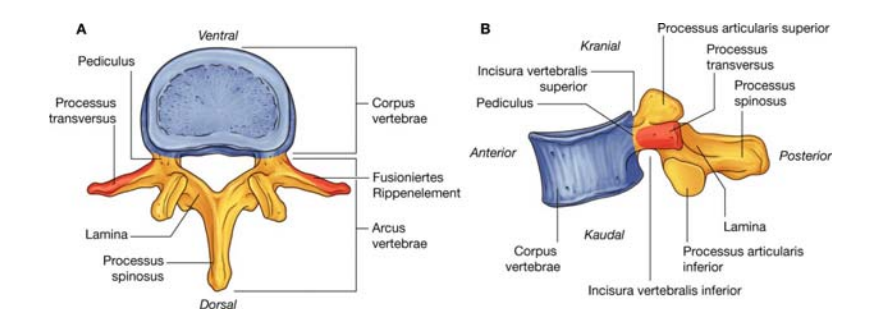
Der Arcus vertebrae des typischen Wirbels hat zahlreiche charakteristische Fortsätze. Sie dienen

- als Ansatzpunkte für Muskeln und Bänder,
- als Hebelarme für die Muskelfunktion,
- zur Artikulation mit benachbarten Wirbeln.

Der Processus spinosus kommt von der Wurzel des Wirbelbogens und setzt sich nach dorsal und inferior fort.

Auf beiden Seiten des Arcus vertebrae geht an der Verbindungsstelle zwischen Pediculus arcus vertebrae und Lamina arcus vertebrae ein Processus transversus ab. An der gleichen Stelle setzt sich der Knochen nach kranial als Processus articularis superior und nach kaudal als Processus articularis inferior fort. Die beiden Processus tragen die Gelenkflächen zur Artikulation mit den entsprechenden Processus articulares der Nachbarwirbel.

Abb. 2.6



Typischer Wirbel.**A**. Blick von oben. **B**. Blick von lateral.

Jeder Wirbel beinhaltet auch Rippenelemente. Im Thorax sind diese Elemente stark ausprägt und bilden die Rippen, die mit den Wirbelkörpern über den Processus transversus artikulieren. In den anderen Wirbelsäulenabschnitten sind die Elemente nur schwach ausgeprägt und in die Processus transversi integriert. Gelegentlich können sich die Elemente auch außerhalb des Thorax zu Rippen ausbilden. Dies betrifft besonders die untere Halswirbelsäule und die obere Lendenwirbelsäule.

Muskeln

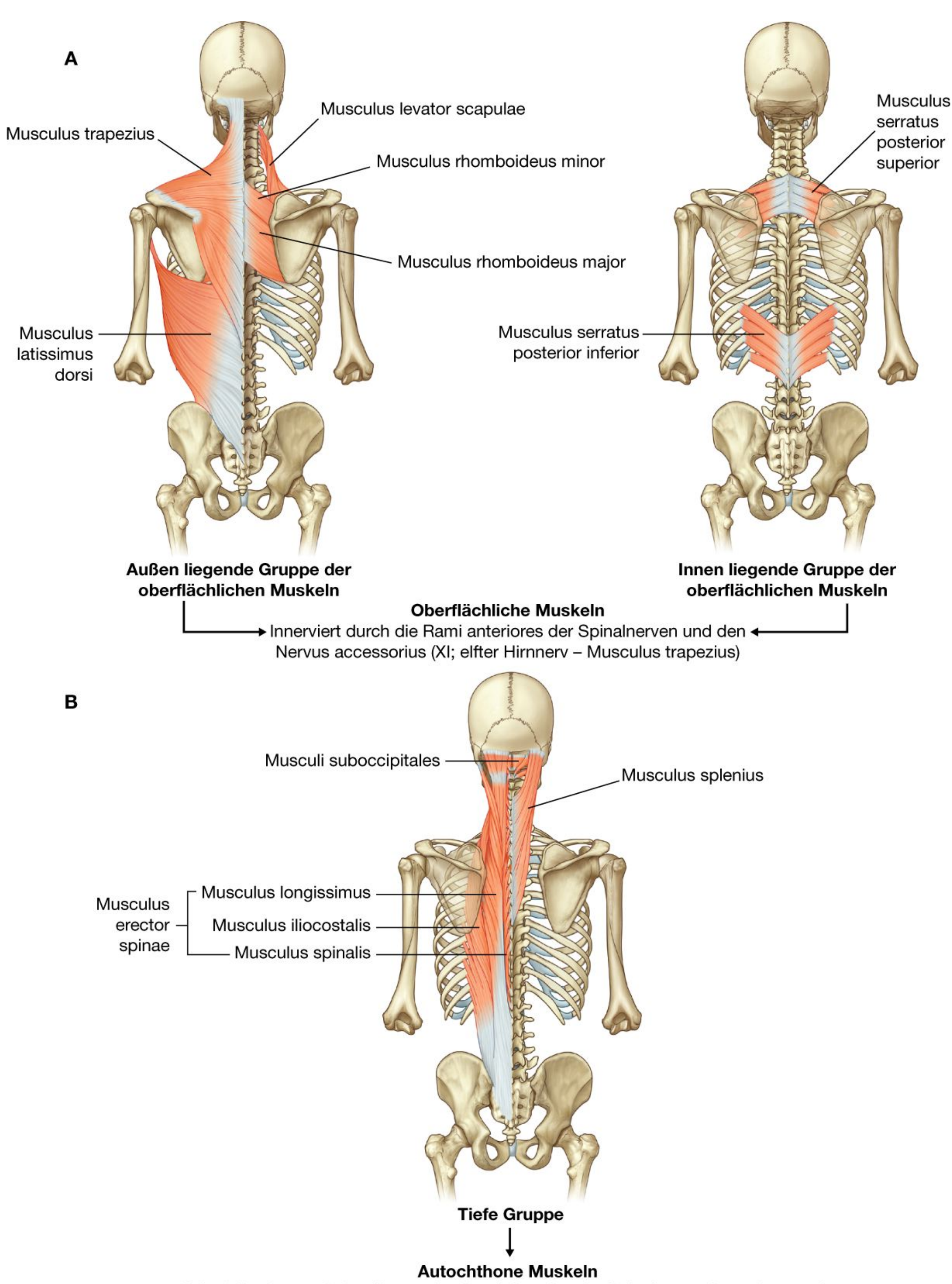
Die Muskulatur des Rückens wird entsprechend ihrem embryologischen Ursprung und ihrer Innervation in oberflächliche (sekundär eingewanderte) und in tiefe (primäre, autochthone) Muskelgruppen eingeteilt (Abb. 2.7).

Die oberflächlichen Muskeln dienen der Bewegung der oberen Extremität und der Thoraxwand und werden von den Rami ventrales der Spinalnerven innerviert. Die außen liegende Gruppe der oberflächlichen Muskeln hat Bezug zur oberen Extremität; die sich anschließende innen gelegene Gruppe der oberflächlichen Muskeln setzt von außen an der Thoraxwand an.

Sämtliche autochthonen Muskeln des Rückens liegen tief und werden von den Rami dorsales der Spinalnerven innerviert. Sie stützen und bewegen die Wirbelsäule und sind an den Kopfbewegungen beteiligt. Eine der autochthonen Muskelgruppen dient der Bewegung der Rippen in Relation zur Wirbelsäule.

18

Abb. 2.7



Rückenmuskulatur.

19

Spinalkanal (Canalis vertebralis)

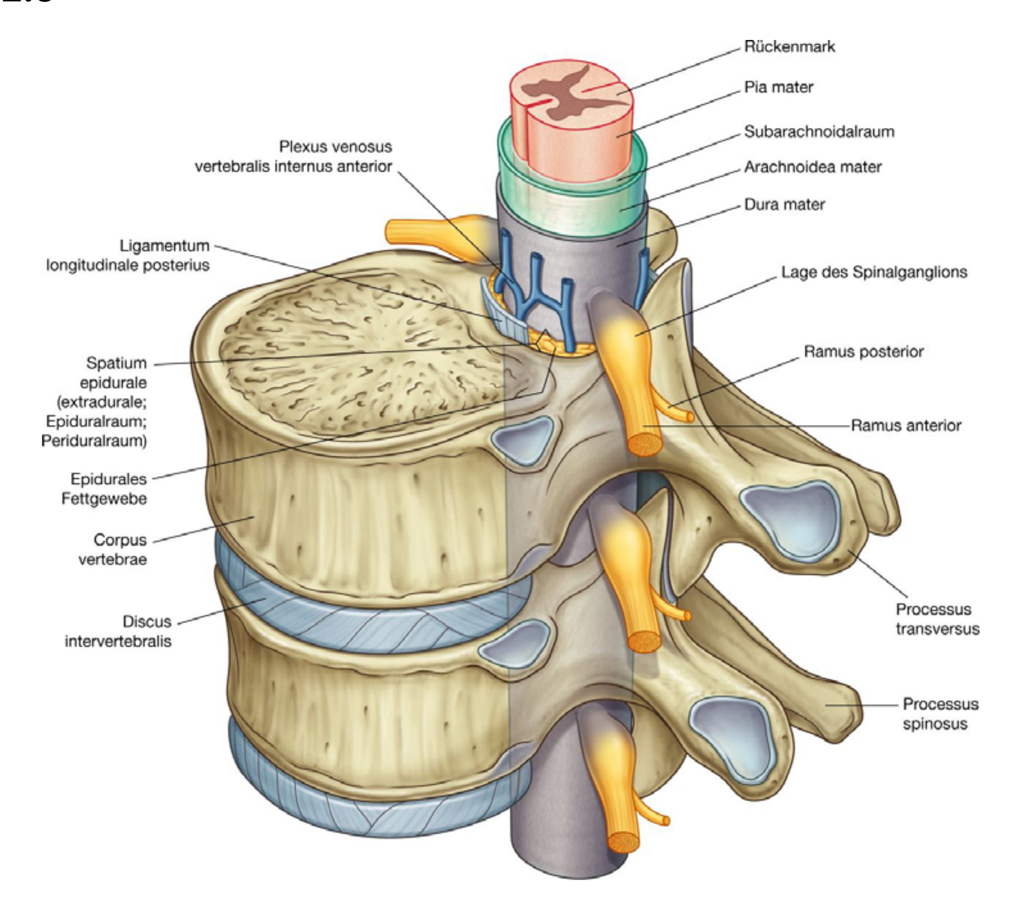
Das Rückenmark liegt innerhalb eines aus benachbarten Wirbelanteilen und Weichgeweben gebildeten knöchernen Kanals, dem Spinalkanal; Abb. 2.8):

- Die Vorderwand wird von den Wirbelkörpern, den Zwischenwirbelscheiben sowie von Bändern gebildet.
- Laterale Wände und Hinterwand bestehen aus den Wirbelbögen sowie Bändern.

Im Spinalkanal wird das Rückenmark durch drei Bindegewebshüllen geschützt, die Hirnhäute (Meningen):

- Die Pia mater liegt der Oberfläche des Rückenmarks unmittelbar an und folgt allen Furchen und Buchten der Rückenmarksoberfläche.
- Die Arachnoidea mater (Arachnoidea) ist über einen mit Liquor gefüllten Spalt von der Pia mater getrennt, steht aber über ein Trabekelsystem (Arachnoidaltrabekel) mit ihr in Verbindung und bildet so den mit Liquor gefüllten Subarachnoidalraum.
- Die Dura mater ist eine derbe Platte aus straffem geflechtartigem Bindegewebe, die sich außen an die Arachnoidea anschließt, jedoch nicht mit ihr verwachsen ist.

Abb. 2.8



Spinalkanal.

Im Spinalkanal ist die Dura durch einen mit Fettgewebe und Venengeflechten gefüllten Epiduralraum (Periduralraum) vom Periost des Spinalkanals getrennt.

20
21

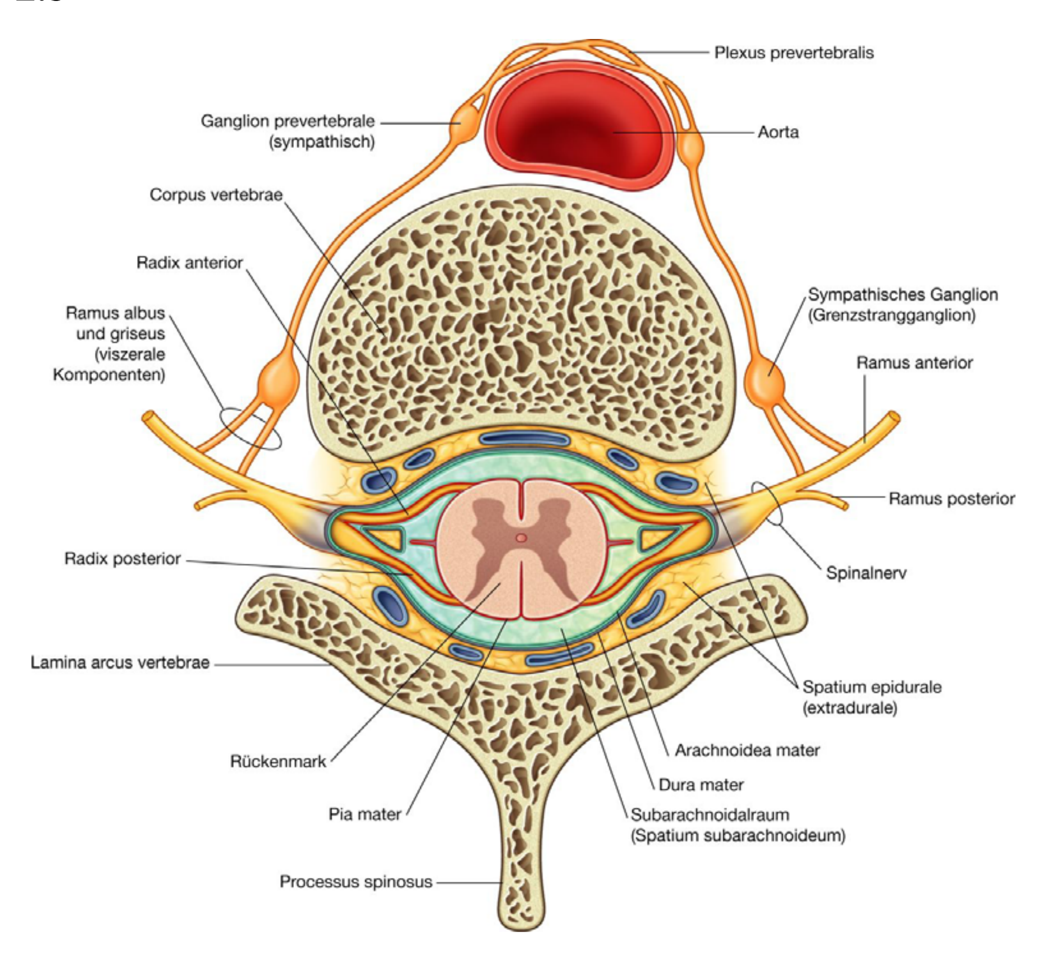
Spinalnerven

Die 31 Spinalnervenpaare sind segmental angeordnet. Sie verlassen den Spinalkanal jeweils zwischen den Pediculi arcus vertebrae zweier benachbarter Wirbel über das Foramen intervertebrale. Es gibt acht Zervikal- (C1 – C8), zwölf Thorakal- (Th1 – Th12), fünf Lumbal- (L1 – L5), fünf Sakral- (S1 – S5) und ein Kokzygealnervenpaar (Co). Jeder Spinalnerv ist über eine Hinterwurzel (Radix posterior) und eine Vorderwurzel (Radix anterior) mit dem Rückenmark verbunden (Abb. 2.9).

Außerhalb des Spinalkanals teilt sich jeder Spinalnerv in einzelne Äste auf:

- Einen Ramus posterior – die etwas dünneren Rami posteriores innervieren gemeinsam den Rücken.
- Einen Ramus anterior – die wesentlich kräftigeren Rami anteriores innervieren sämtliche anderen Gebiete des Körpers mit Ausnahme des Kopfes, der hauptsächlich, aber nicht ausschließlich von den Hirnnerven innerviert wird.

Abb. 2.9



Spinalnerv (Horizontalschnitt).

Der eigentliche Spinalnerv ist nach dem Zusammenschluss der Hinter- und Vorderwurzel bis zu seiner Aufteilung in die Rami posterior und anterior nur wenige Millimeter lang.

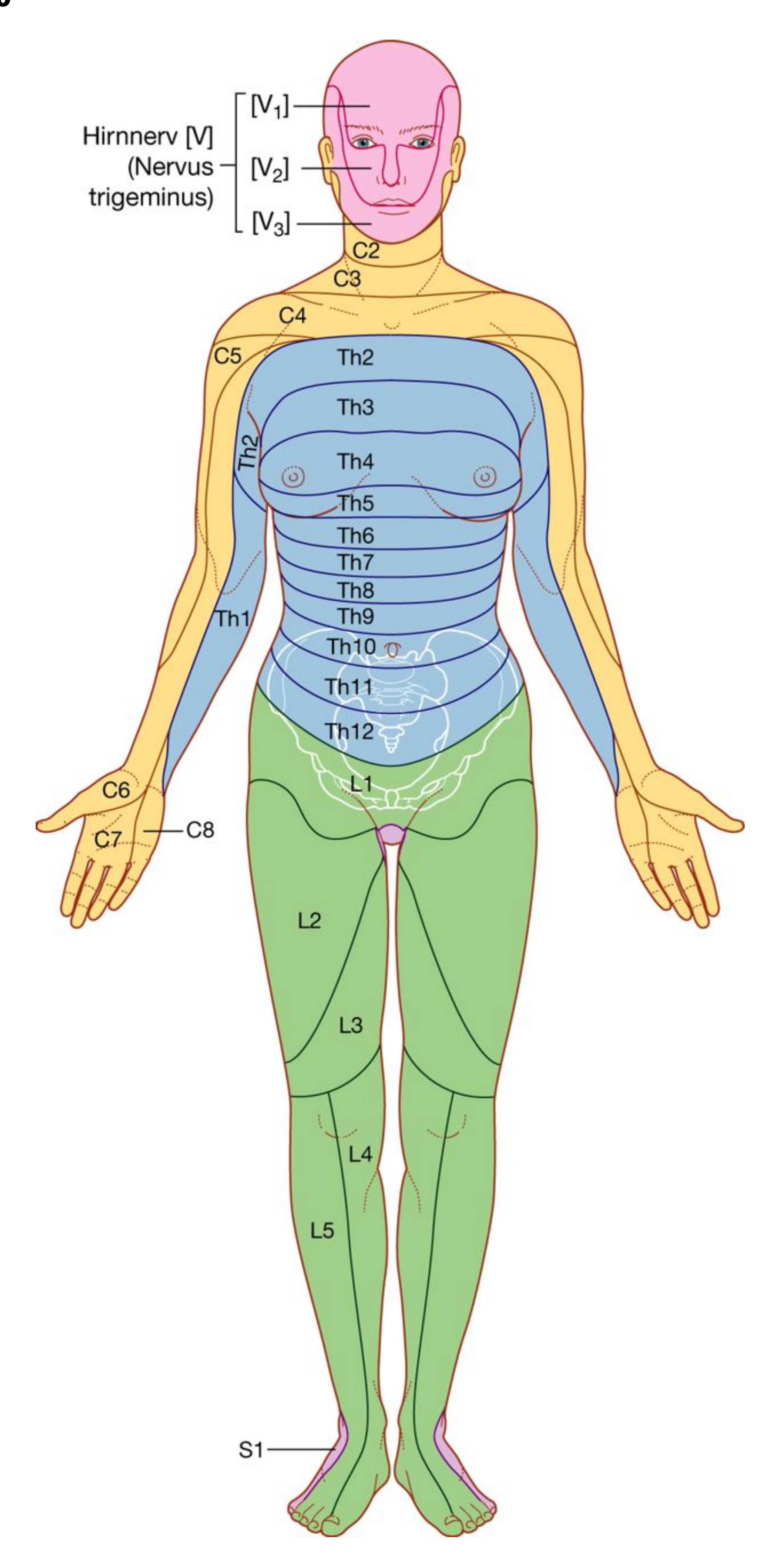
Aus den Rami anteriores gehen die großen somatischen Plexus (cervicalis, brachialis, lumbalis und sacralis) des Körpers hervor. Auch die viszeralen Fasern des PNS (Sympathikus und Plexus prevertebralis) sind überwiegend mit den Rami ventrales der Spinalnerven assoziiert.

21
22

Dermatome und Myotome

Vorläuferzellen, aus denen die Dermis der Haut und der größte Teil der Skelettmuskulatur des Körpers hervorgehen, bilden Gruppen von Mesodermzellen, die als **Somiten** bezeichnet werden. Die Somiten sind segmental auf beiden Seiten des sich entwickelnden ZNS des Embryos angeordnet. Die Innervation des Körpers beim Erwachsenen spiegelt diesen segmentalen Ursprung wider. Jeder Spinalnerv entwickelt sich in Assoziation mit einem Somiten und innerviert ein bestimmtes Hautareal sowie eine bestimmte Gruppe von Muskelfasern, die sich von dem entsprechenden Somiten ableiten. Allgemein werden die entwicklungsgeschichtlich weiter oben (kranial) liegenden Körperanteile auch von den weiter oben liegenden Spinalnerven innerviert.

Abb. 2.10



Dermatome (Ansicht von vorn).

Klinisch versteht man unter einem **Dermatom** ein Hautareal, das von einem Spinalnerv oder Rückenmarkssegment innerviert wird. Ein **Myotom** ist entsprechend eine Einheit aus Muskelfasern, die von einem Spinalnerv oder Rückenmarkssegment innerviert wird. Die meisten Muskeln des Körpers werden von mehr als einem Rückenmarkssegment innerviert. Die Untersuchung von Myotomen erfolgt daher durch das Testen von Gelenkbewegungen oder Muskelgruppen.

Die Kenntnis der Dermatome und Myotome ist für eine neurologische Untersuchung unabdingbar. Die typische Verteilung der Dermatome ist in Abb. 2.10 wiedergegeben.

Auch die viszeralen Körperteile werden segmental innerviert. So treten Schmerzfasern vom Herz (etwa Th1 – Th4) weiter kranial in das Rückenmark ein als Schmerzfasern der Appendix (Th10).

BEZIEHUNG ZU DEN NACHBARREGIONEN

Kopf

Die Regio cervicalis des Rückens umfasst neben den Skelettelementen den größten Teil der Muskulatur, die zur Haltung und Bewegung des Kopfes dient (Abb. 2.11).

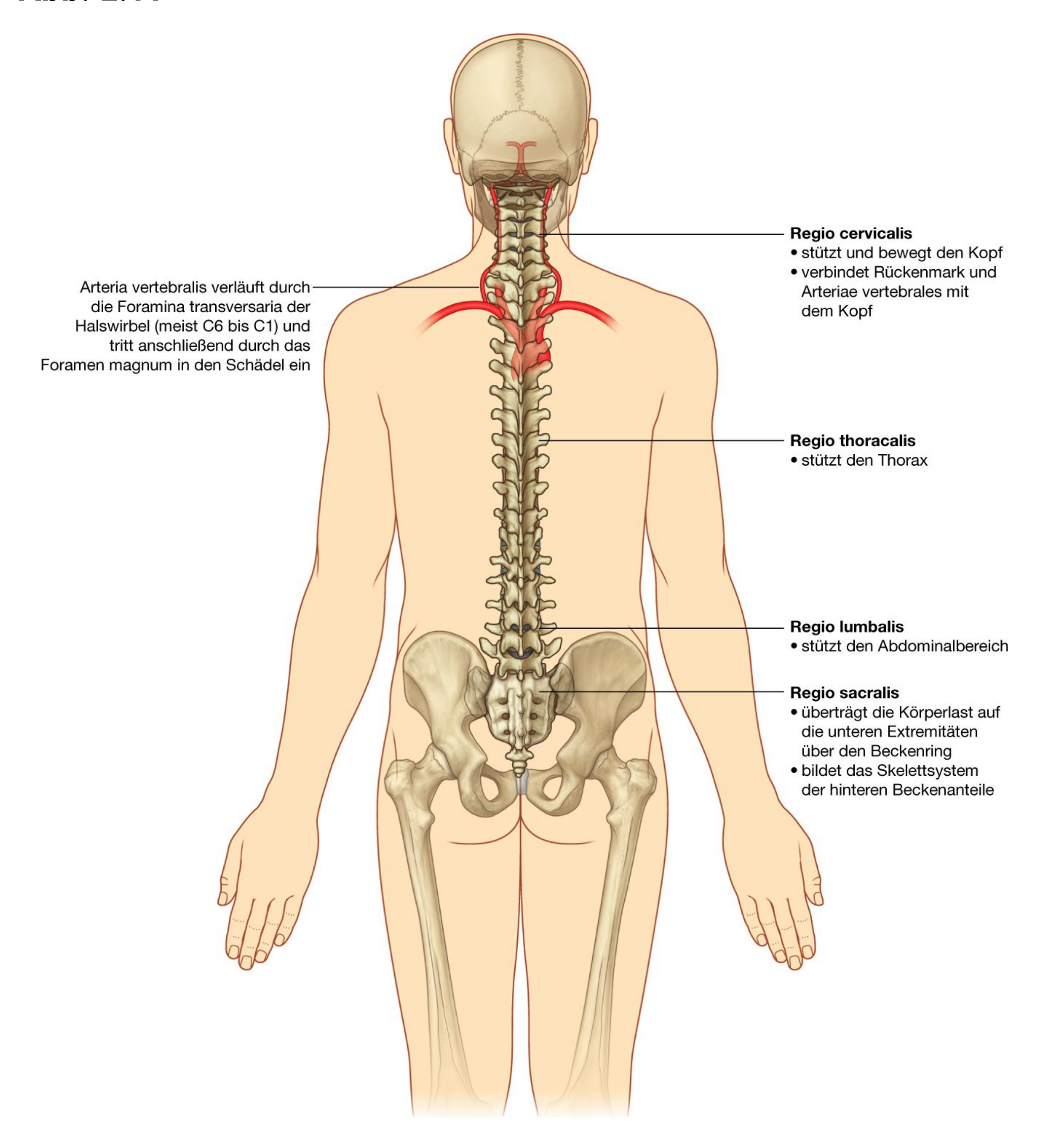
Gehirn und Hirnhäute setzen sich im Bereich des Foramen magnum kontinuierlich aus Rückenmark und Rückenmarkshäuten in den Schädel fort. Die paarig angelegten Arteriae vertebrales steigen auf beiden Seiten der Wirbelsäule durch die Foramina transversaria der Halswirbel auf und treten über das Foramen magnum in den Schädel ein. Gemeinsam mit den Arteriae carotides internae dienen sie der Blutversorgung des Gehirns.

Thorax, Adomen, Becken

Die Wirbelsäulenabschnitte sind Teile des Skelettsystems von Thorax, Abdomen und Becken (Abb. 2.11). Über ihre Stützfunktion hinaus bilden die Wirbel Ansatzpunkte für Muskeln und Faszien sowie Artikulationsstellen für andere Knochen. Die Rami anteriores der Spinalnerven, die mit dem Thorax, dem Abdomen und dem Becken assoziiert sind, verlaufen vom Rücken aus mit diesen Strukturen.

22

Abb. 2.11



Beziehungen des Rückens zu den Nachbarregionen.

Extremitäten

Die Knochen des Rückens bilden die Ansatzpunkte für den Schultergürtel, der die oberen Extremitäten befestigt und am Rumpf bewegt. Dies trifft für die unteren Extremitäten nur bedingt zu, da sie fest mit der Wirbelsäule durch die Artikulation mit den Beckenknochen und dem darin integrierten Os sacrum verankert sind. Obere und untere Extremitäten werden von Rami anteriores der Spinalnerven innerviert, die hauptsächlich aus den zervikalen bzw. lumbosakralen Anteilen des Rückenmarks hervorgehen.

BESONDERHEITEN

Die Wirbelsäule ist länger als das Rückenmark

Während der Entwicklung wächst die Wirbelsäule wesentlich schneller als das Rückenmark. Daher erreicht das Rückenmark nicht die gleiche Endlänge wie die Wirbelsäule (Abb. 2.12).

Beim Erwachsenen endet das Rückenmark normalerweise auf Höhe L1 bis L2, selten auch schon auf Höhe Th12 oder erst auf Höhe des Discus intervertebralis zwischen L2 und L3.

Die Spinalnerven entspringen vom Rückenmark in von kranial nach kaudal (C1 bis Co) zunehmend schrägen Winkeln, und die Länge der Nervenwurzeln im Wirbelkanal nimmt ebenfalls von kranial nach kaudal zu. Daher liegt der Austrittspunkt aus der Wirbelsäule immer weiter vom entsprechenden Rückenmarkssegment entfernt. Das betrifft besonders die lumbalen und sakralen Spinalnerven.

Foramina intervertebralia und Spinalnerven

Jeder Spinalnerv verlässt den Wirbelkanal seitlich über das Foramen intervertebrale (Abb. 2.13), das von den Wirbelbögen benachbarter Wirbel begrenzt wird und in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Wirbelgelenken liegt:

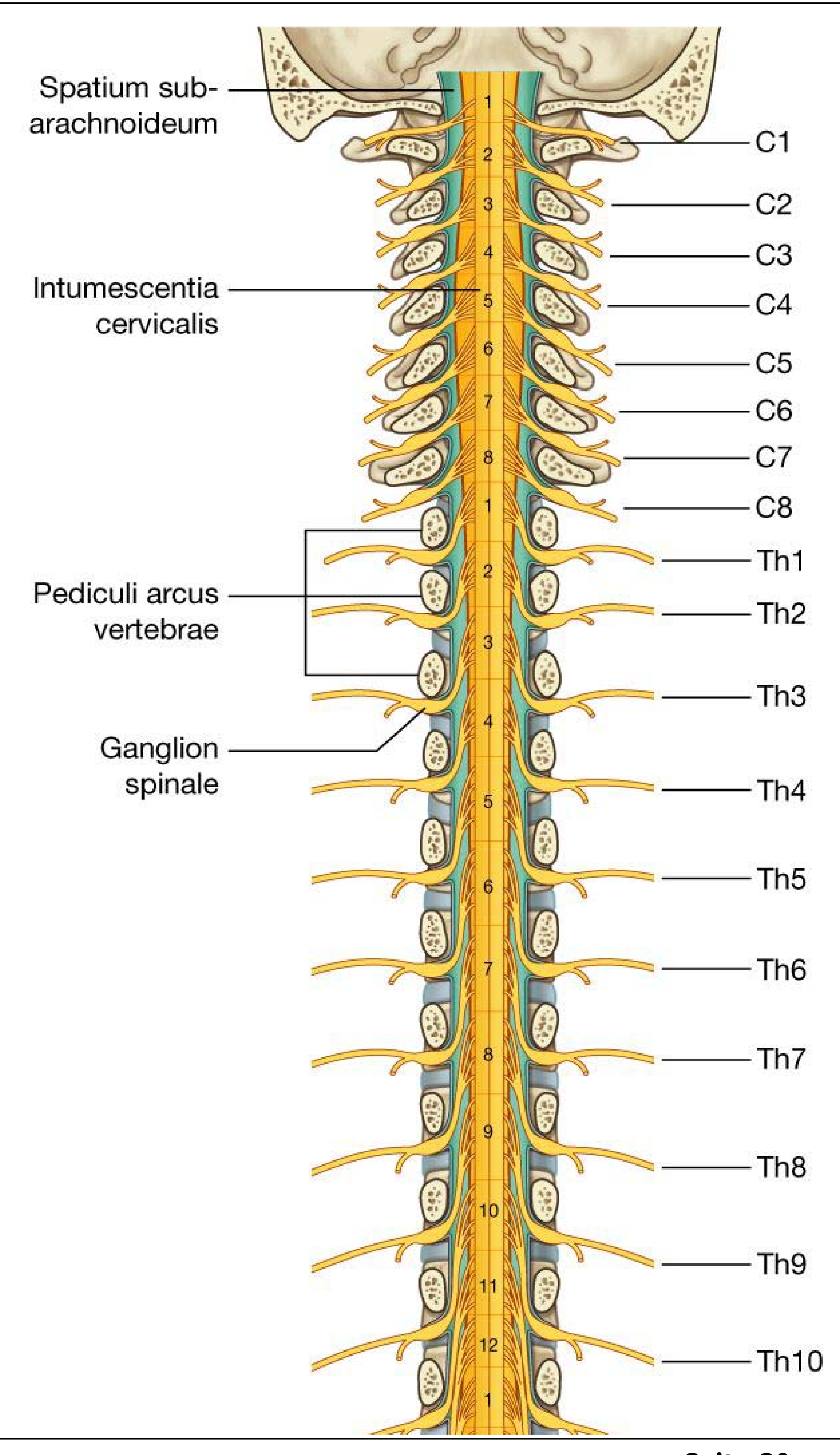
- Der Ober- und Unterrand des Foramen intervertebrale wird von den Incisurae vertebrales superior und inferior benachbarter Wirbel gebildet.
- Der Hinterrand wird vom Processus articularis superior und vom zugehörigen Gelenk gebildet.
- Die Vorderwand wird vom Discus intervertebralis zwischen den beiden zugehörigen Wirbeln gebildet.

Alle pathologischen Veränderungen, die mit einer Abnahme des Durchmessers des Foramen intervertebrale einhergehen, wie dorsale Spondylophyten bei Osteochondrosis intervertebralis, Diskusprolaps (Bandscheibenvorfall), Luxation der Articulatio zygapophysialis oder Arthrose in den Wirbelgelenken mit Ausbildung von Osteophyten, können auf die Spinalnervenwurzeln drücken und damit die Funktion der entsprechenden Spinalnerven beeinträchtigen.

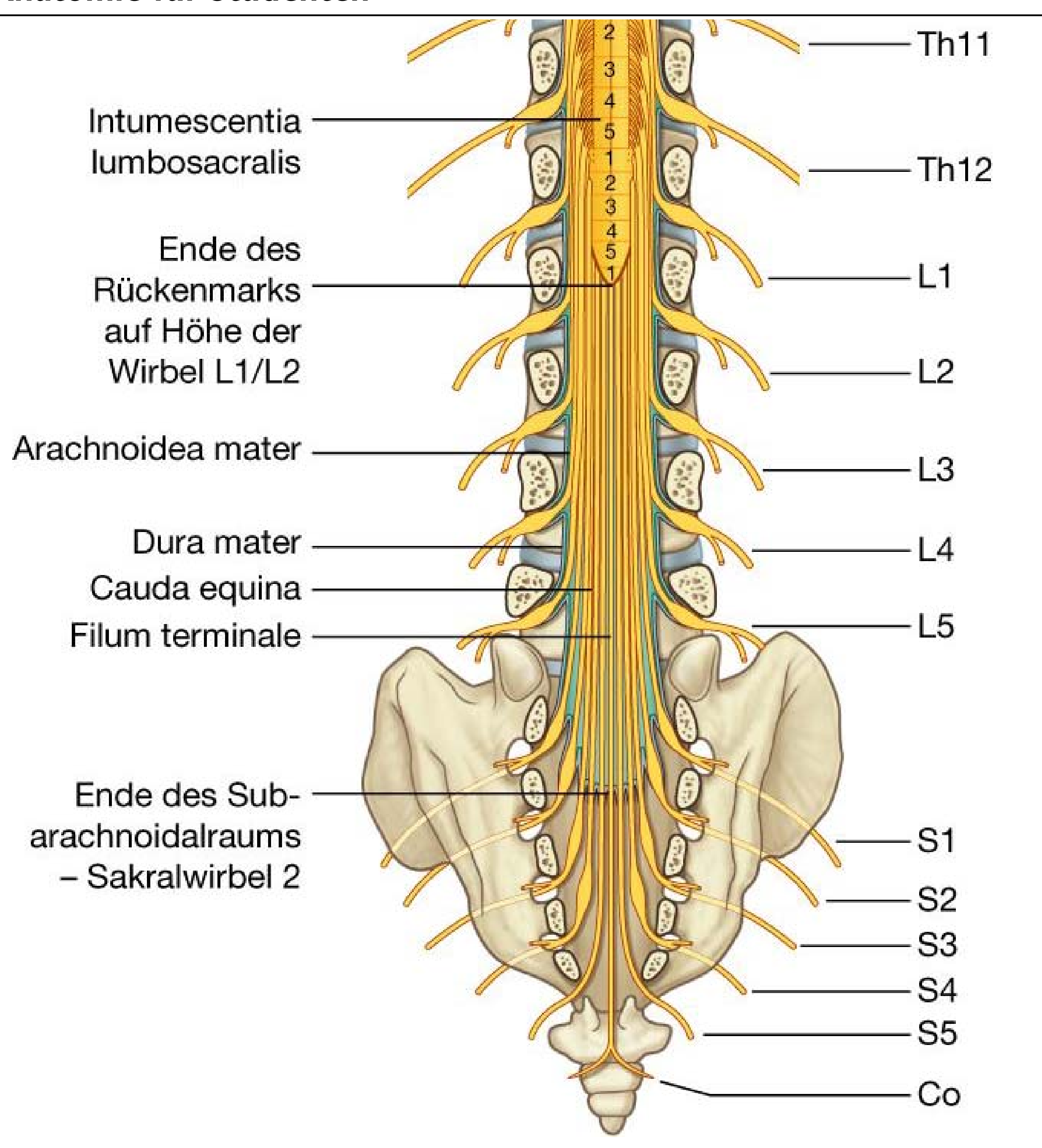
Innervation des Rückens

Die Rami dorsales der Spinalnerven innervieren die autochthone Rückenmuskulatur sowie die benachbarte Haut. Die kutane Innervation der Rami dorsales reicht bis in die Glutealregion (Regio glutealis) der unteren Extremität und bis zum hinteren Anteil des Kopfes. Anteile der Dermatome, die über die Rami dorsales der Spinalnerven innerviert werden, sind in Abb. 2.14 dargestellt.

Abb. 2.12



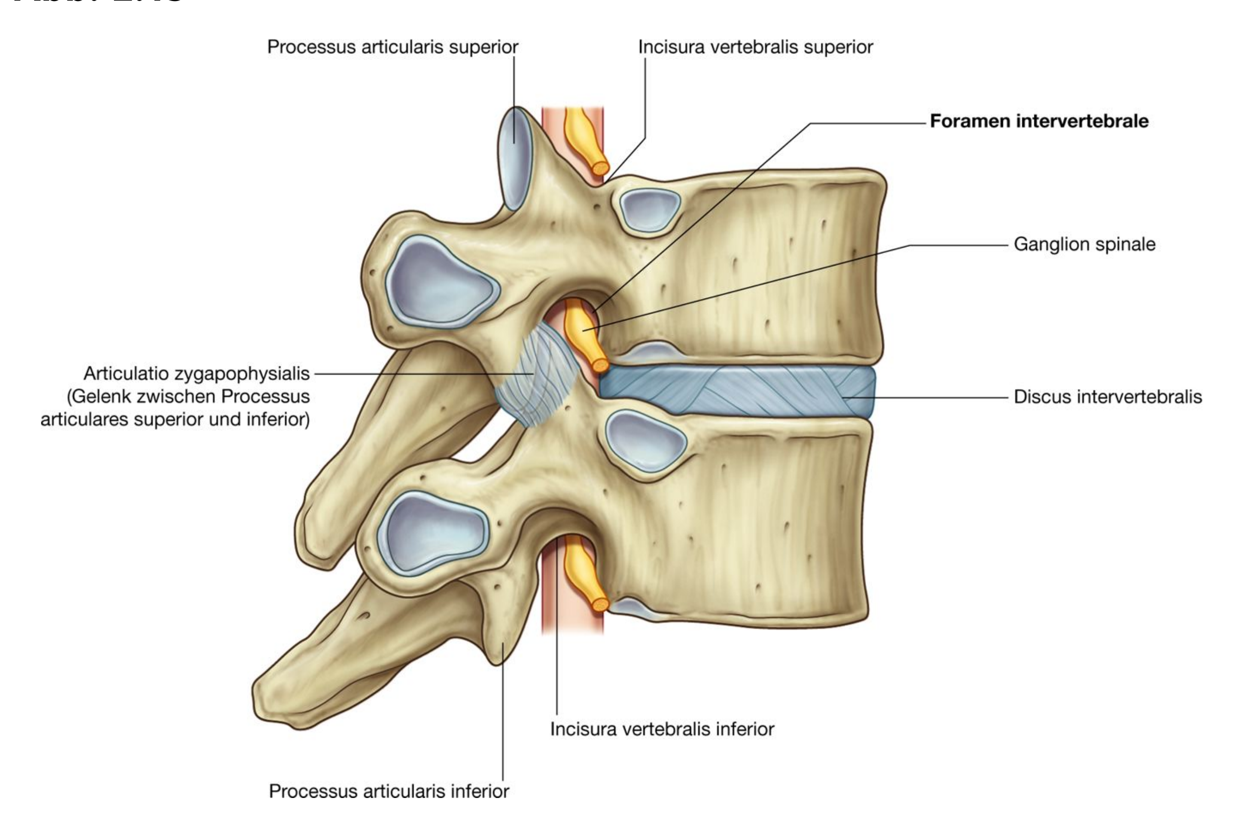
Spatium sub-arachnoideum
Intumescentia cervicalis
Pediculi arcus vertebrae
Ganglion spinale
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
Th1
Th2
Th3
Th4
Th5
Th6
Th7
Th8
Th9
Th10



Spinalkanal, Rückenmark und Spinalnerven.

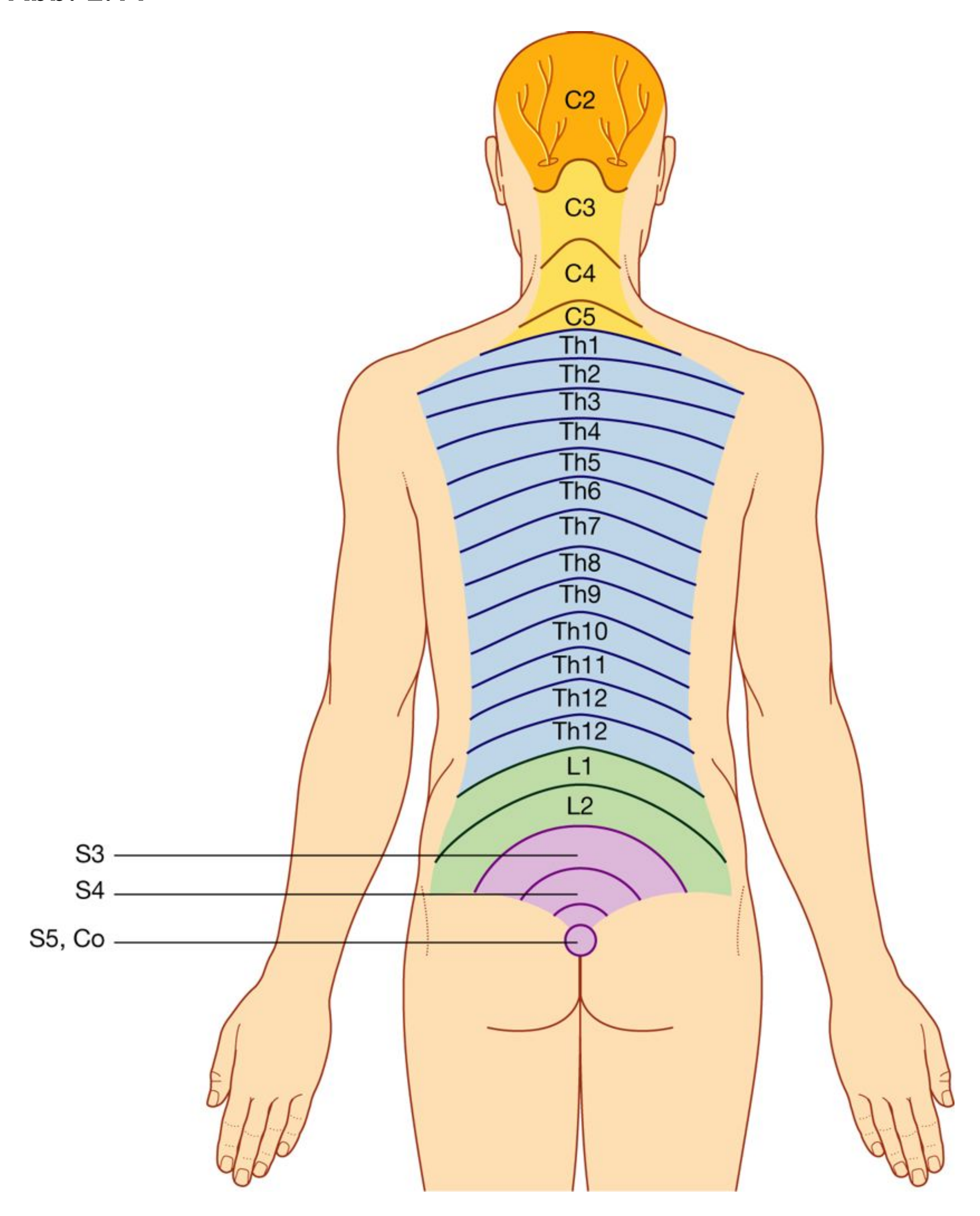
24

Abb. 2.13



Foramen intervertebrale.

Abb. 2.14



Dermatome, die von den Rami dorsales der Spinalnerven innerviert werden.

25

Topographie

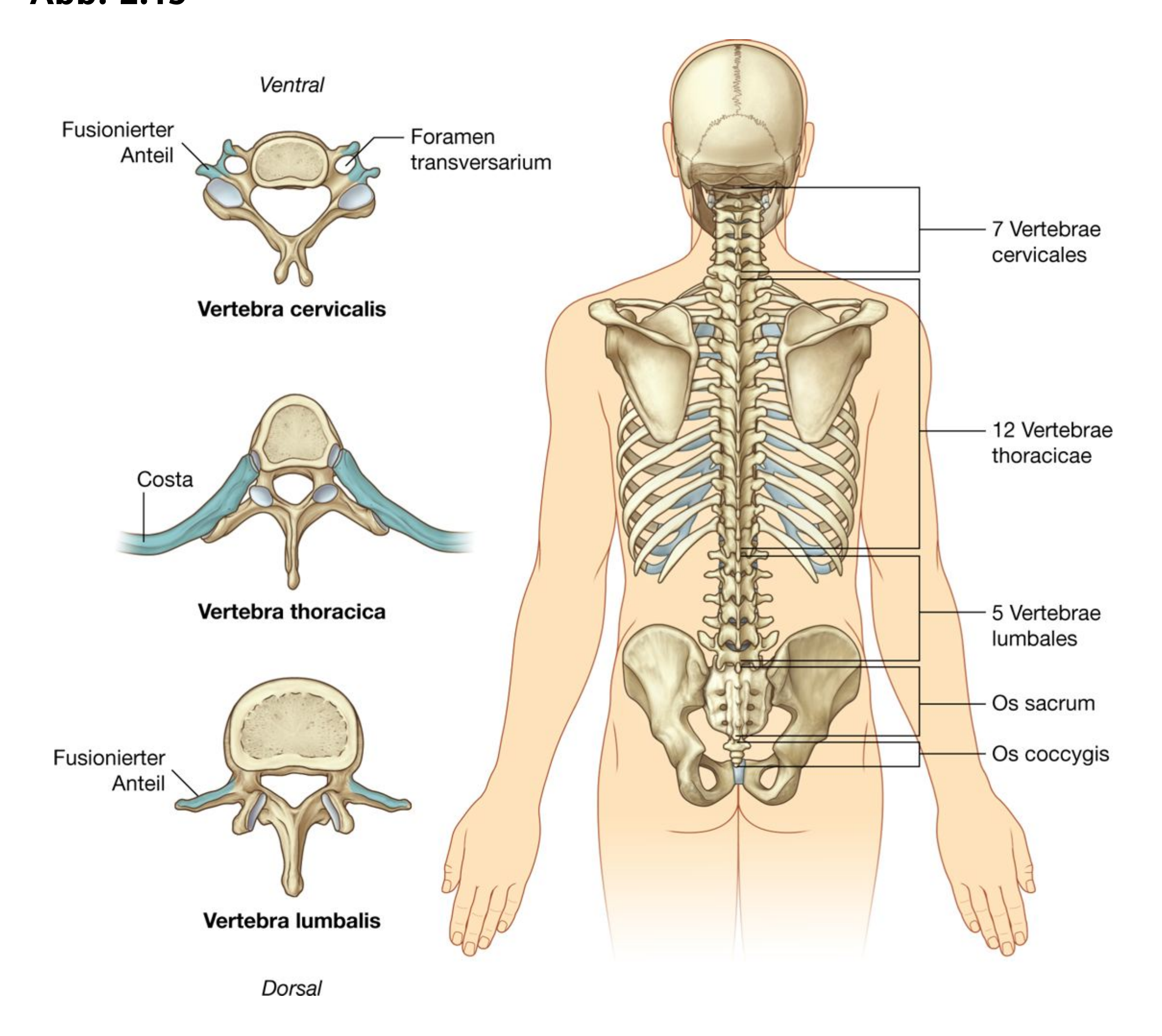
SKELETTSYSTEM

Die Skelettelemente des Rückens umfassen hauptsächlich die Wirbel und deren assoziierte Zwischenwirbelscheiben. Anteile des Schädels, der Schulterblätter, der Beckenknochen sowie der Rippen tragen ebenfalls zur Kontur und zum Aufbau des Rückens bei und bilden Ansatzpunkte für Muskeln.

Wirbel

Im Normalfall kommen 33 Wirbel vor, die anhand ihrer Morphologie und Lokalisation in fünf Gruppen eingeteilt werden (Abb. 2.15):

Abb. 2.15



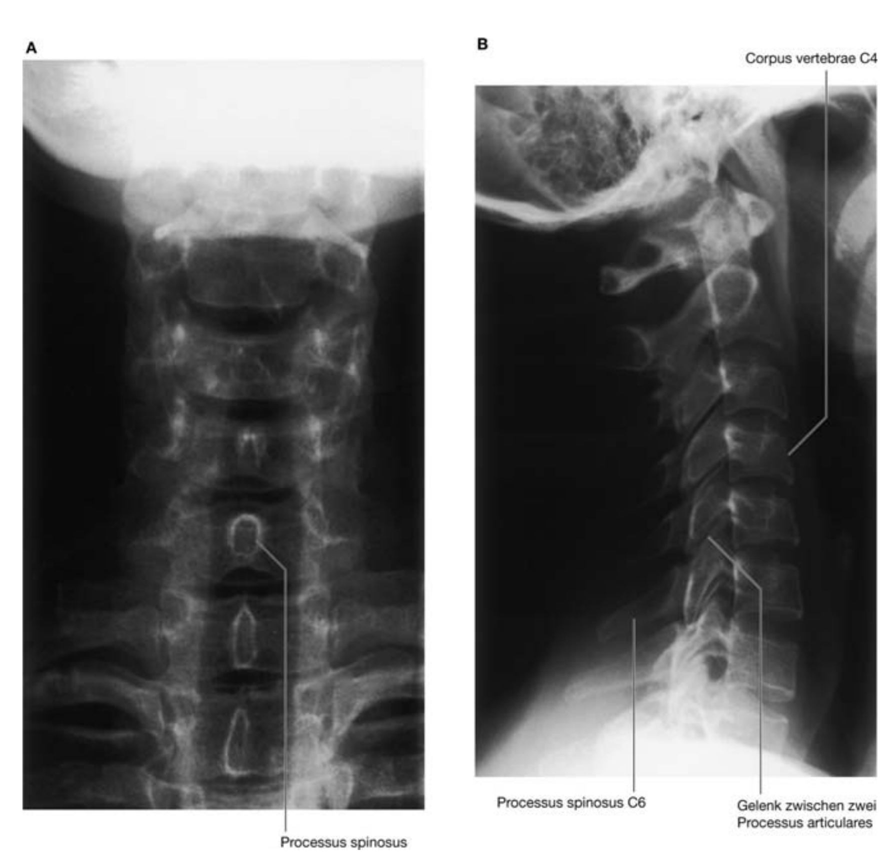
Wirbel.

- Die sieben Halswirbel (Vertebrae cervicales) zwischen Brustbereich und Schädel sind vor allem dadurch charakterisiert, dass sie relativ klein sind und im Processus transversus ein Loch (Foramen transversarium) aufweisen (Abb. 2.16).
- Die zwölf Brustwirbel (Vertebrae thoracicae) sind durch ihre Gelenke mit den Rippen (Costae) charakterisiert (Abb. 2.17). Alle Wirbel besitzen Rippenelemente, allerdings außerhalb der Brustwirbelsäule nur rudimentär. Nur in der Brustwirbelsäule sind die Rippen eigenständige Knochen, die über echte Gelenke (Diarthrosen) mit den Corpora vertebrae und den Processus transversi des zugehörigen Wirbels artikulieren.
- An die Brustwirbel schließen sich kaudal fünf Lendenwirbel (Vertebrae lumbales) an, die Hauptstütze des Abdomens, die im Vergleich zu den anderen Wirbeln recht groß sind (Abb. 2.18).

26
27

- Weiter kaudal schließen sich fünf Sakralwirbel (Vertebrae sacrales) an, die normalerweise zu einem einzelnen Knochen verschmolzen sind, dem Os sacrum. Das Os sacrum artikuliert auf beiden Seiten mit den Ossa coxae und gehört zum knöchernen Beckenring.
- An das Os sacrum schließen sich die Steißbeinwirbel (Vertebrae coccygeae, in der Regel vier) an, die meist zu einem einzelnen dreieckigen Knochen verschmolzen sind, dem Os coccygis.

Abb. 2.16



Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule. **A**. Anteriorposteriorer Strahlengang. **B**. Seitenaufnahme.

Entwicklungsgeschichtlich bilden sich die Wirbel intersegmental aus Zellen des Skerotoms, das seinerseits aus benachbarten Somiten hervorgeht (Abb. 2.19). Jeder Wirbel entsteht aus den kranialen Anteilen der unteren beiden Somiten (jeweils einer links und einer rechts) sowie aus den kaudalen Anteilen der oberen beiden Somiten. Die Spinalnerven entwickeln sich segmental und verlaufen dadurch zwischen den sich bildenden Wirbeln.

Der typische Wirbel

Der typische Wirbel besteht aus einem Corpus vertebrae und einem Arcus vertebrae (Abb. 2.20). Der Arcus vertebrae besitzt verschiedene Fortsätze zum Ansatz von Muskeln sowie zur Artikulation mit den benachbarten Knochen.

27
28

Abb. 2.17





Röntgenaufnahme der Brustwirbelsäule. **A**. Anteriorposteriorer Strahlengang. **B**. Seitenaufnahme.

Der **Wirbelkörper (Corpus vertebrae)** ist der die Körperlast aufnehmende Anteil des Wirbels. Er ist mit den benachbarten Wirbeln über Zwischenwirbelscheiben (Disci vertebrales) und über Bänder verbunden. Die Größe der Wirbelkörper nimmt kaudal aufgrund der nach kaudal zunehmenden Körperlast zu.

Der **Wirbelbogen (Arcus vertebrae)** bildet den lateralen und dorsalen Anteil des Foramen verte brale.

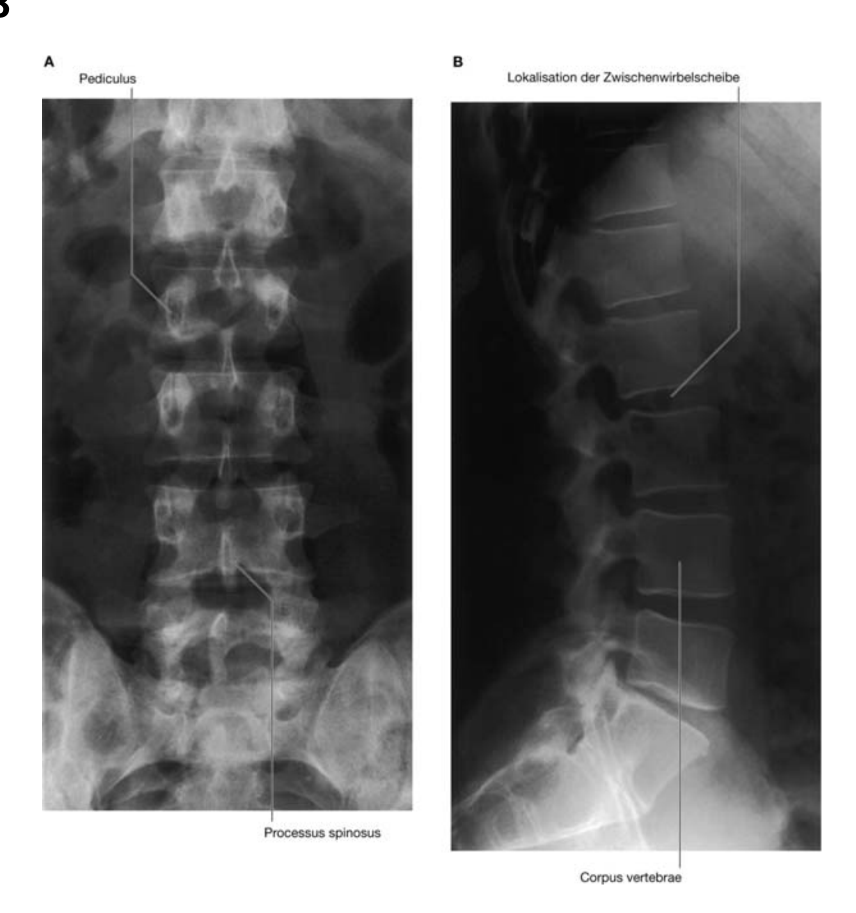
Alle Foramina vertebralia formen gemeinsam den **Spinalkanal (Canalis vertebralis)**, der das Rückenmark enthält und schützt. Kranial setzt sich der Canalis vertebralis über das Foramen magnum des Schädels in die Schädelhöhle fort.

Der Arcus vertebrae besteht auf beiden Seiten aus einem Pediculus arcus vertebrae und einer Lamina arcus vertebrae (Abb. 2.20):

28
29

- Die beiden **Pediculi** sind knöcherne Säulen, die den Arcus vertebrae am Corpus vertebrae verankern.
- Die beiden **Laminae** sind flache knöcherne Platten, die aus jedem Pediculus hervorgehen, in der Mittellinie miteinander verschmelzen und das Dach des Arcus vertebrae bilden.

Abb. 2.18



Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule. **A**. Anteriorposteriorer Strahlengang. **B**. Seitenaufnahme.

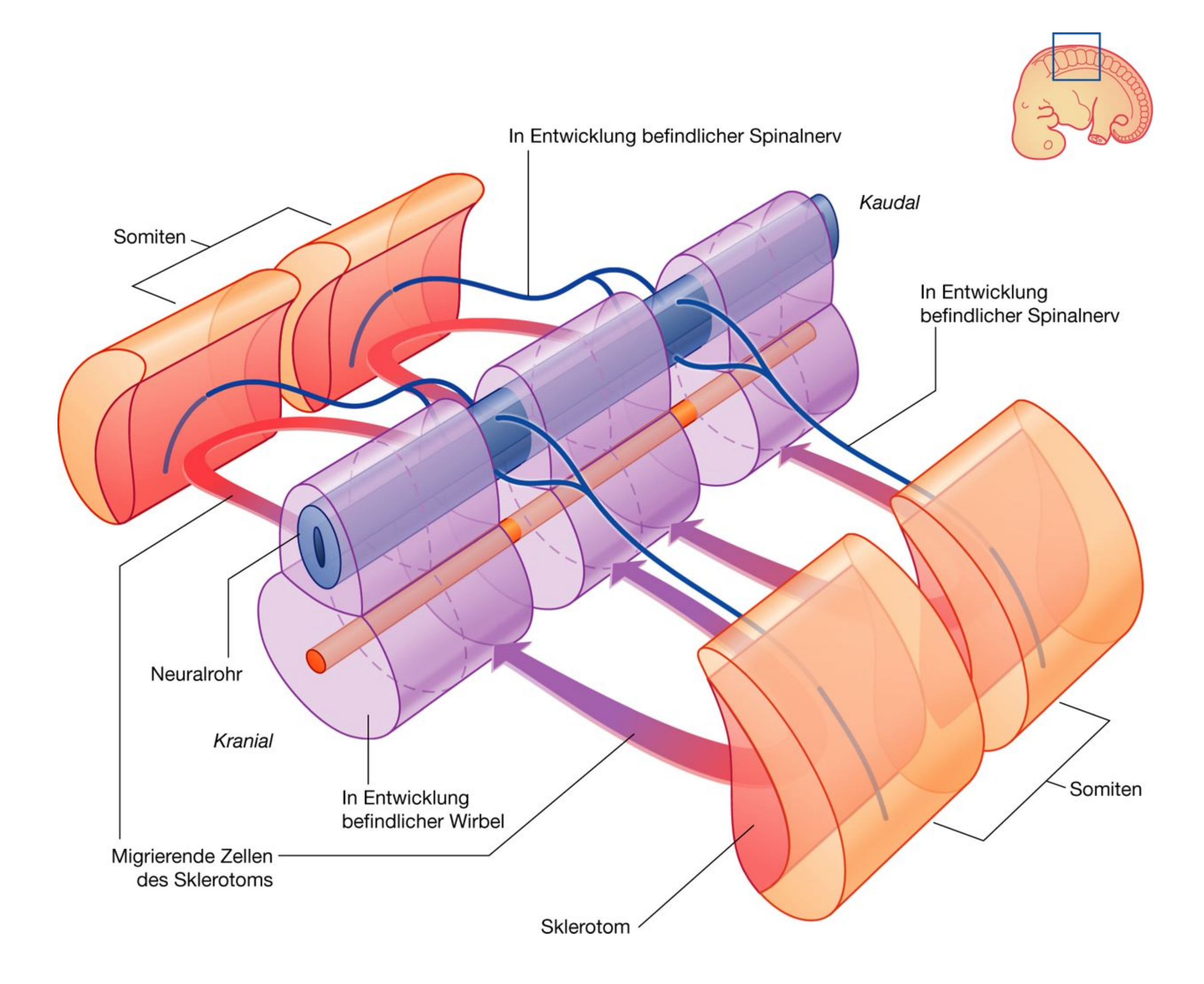
Der **Processus spinosus** setzt sich vom Verschmelzungspunkt der beiden Laminae arcus vertebrae in der Mittellinie nach dorsokaudal fort und dient Muskeln und Bändern als Ansatz.

Der **Processus transversus** erstreckt sich auf beiden Seiten von der Vereinigungsstelle zwischen Pediculus arcus vertebrae und Lamina arcus vertebrae nach dorsolateral. Er dient ebenfalls als Ansatz für Muskeln und Bänder. In der Brustwirbelsäule trägt er die Gelenkfläche zur Artikulation mit einer Rippe.

In dem Bereich, in dem Pediculus und Lamina miteinander verschmolzen sind, erstrecken sich nach kranial und kaudal die **Processus articulares superior** und **inferior**, die die Gelenkflächen zur Artikulation mit den benachbarten Wirbeln tragen.

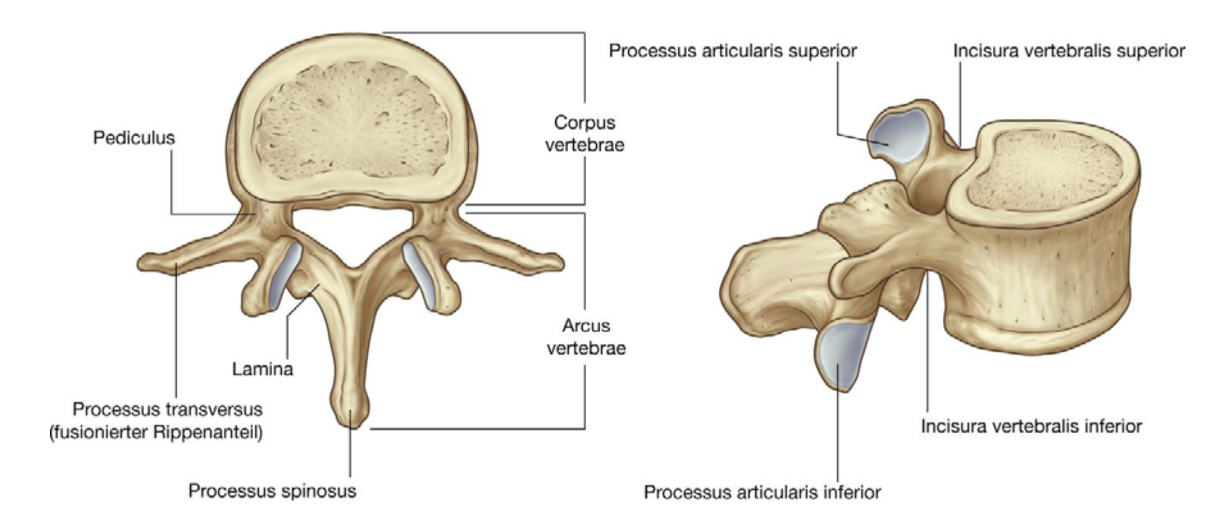
29
30

Abb. 2.19



Wirbelentwicklung.

Abb. 2.20



Typischer Wirbel.

30
31

Zwischen den Corpora vertebrae und den Processus articulares befinden sich kranial und kaudal Vertiefungen im Pediculus, die als **Incisurae vertebrales superior** und **inferior** bezeichnet werden. Sie tragen zur Bildung des Foramen intervertebrale bei.

Vertebrae cervicales

Die sieben Vertebrae cervicales oder Halswirbel sind relativ klein und besitzen im Processus transversus das Foramen transversarium. Ein typischer Halswirbel hat die folgenden Eigenschaften (Abb. 2.21A):

- Der Wirbelkörper ist niedrig und beim Blick von oben viereckig. Die Deckplatte (Oberfläche) ist konkav, die Bodenplatte (Unterfläche) ist konvex gewölbt. Die seitlichen Erhebungen der Deckplatte werden als **Processus uncinati** bezeichnet.
- Jeder Processus transversus ist muldenartig vertieft und besitzt ein **Foramen transversarium**.
- Der Processus spinosus ist kurz und am Ende gespalten.
- Das Foramen vertebrale ist dreieckig.

Der erste und zweite Halswirbel – der Atlas und der Axis – unterscheiden sich in ihrem Aufbau von den übrigen Halswirbeln, da sie die Bewegungen des Kopfes gewährleisten müssen.

Atlas und Axis

Der erste Halswirbel, der **Atlas** (C1), artikuliert mit dem Kopf (Abb. 2.22). Sein wichtigstes Merkmal ist das Fehlen eines Wirbelkörpers (Abb. 2.21B). Beim Blick von oben ist der

Atlas ringförmig. Er besteht aus zwei **Massae laterales**, die über einen **Arcus anterior** und einen **Arcus posterior** in den Ring integriert sind.

Jede Massa lateralis artikuliert im Atlantookzipitalgelenk **(Articulatio atlantooccipitalis)** mit einem **Condylus occipitalis** des Schädels sowie kaudal im Atlantoaxialgelenk **(Articulatio atlantoaxialis)** mit einem Processus articularis superior des zweiten Halswirbels, des **Axis** (C2). Die kranialen Gelenkflächen **(Facies articulares superiores)** sind bohnenförmig und konkav gewölbt; die kaudalen Gelenkflächen **(Facies articulares inferiores)** sind im Gegensatz dazu runder und flacher.

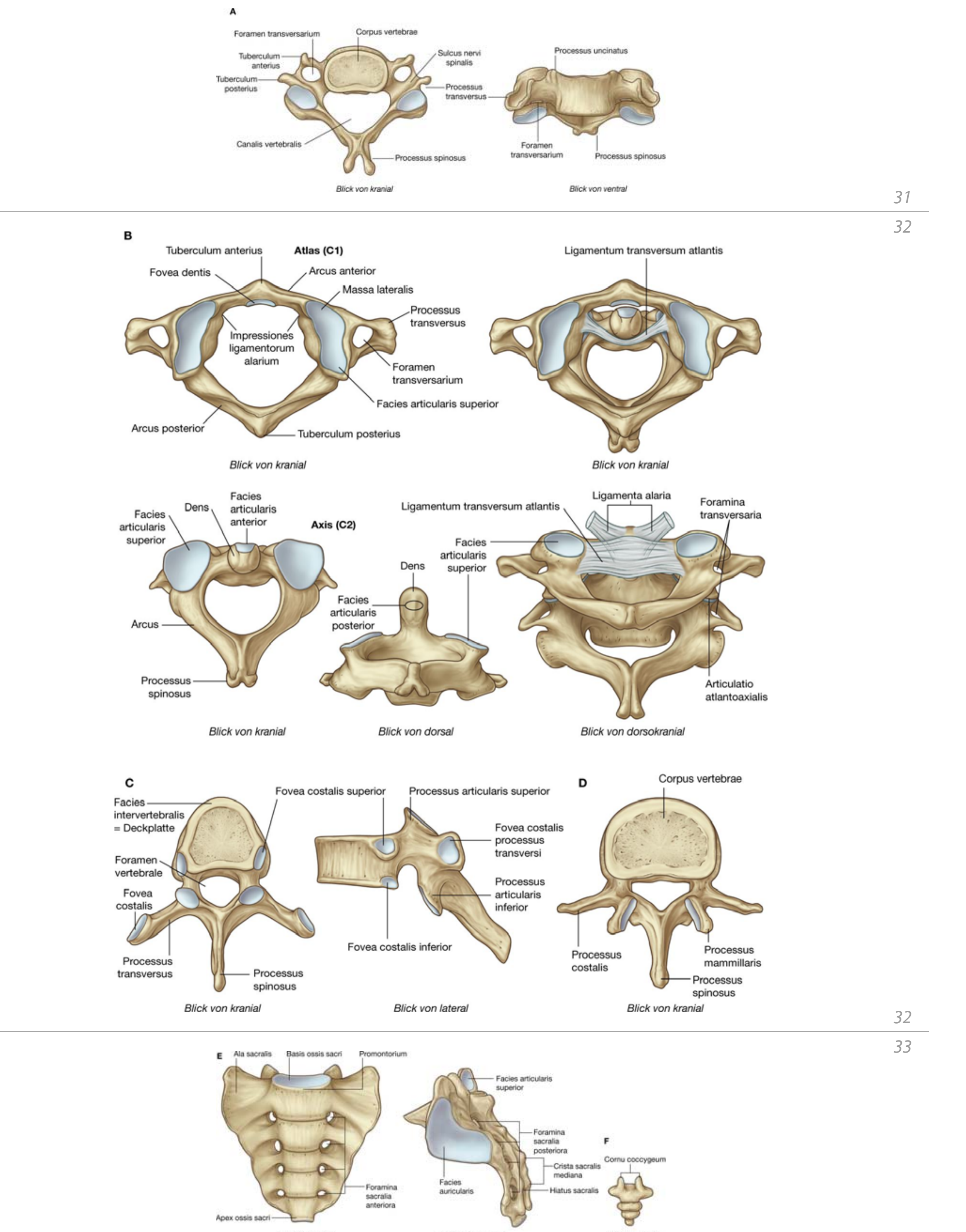
In der Articulatio atlantooccipitalis kann der Kopf im Verhältnis zur Wirbelsäule vor- und zurückbewegt werden (Nicken).

Die Hinterfläche des Arcus anterior besitzt eine Gelenkfläche **(Fovea dentis)** zur Artikulation mit dem **Dens axis**, der sich vom Corpus vertebrae des Axis nach kranial fortsetzt. Der Dens axis wird durch das **Ligamentum transversum atlantis**, das in seinem zentralen Anteil aus Faserknorpel besteht, so am Atlas fixiert, dass sich der Dens axis nur um seine eigene Achse drehen kann. Das Ligamentum transversum atlantis verläuft dabei vom medialen Anteil der einen Massa lateralis zum medialen Anteil der gegenüberliegenden Massa lateralis um die Vorderfläche des Dens.

Die Processus transversi des Atlas sind breit und reichen weiter nach lateral als die der übrigen Halswirbel. Sie dienen als Muskelansätze; besonders für Muskeln, die den Kopf in der Articulatio atlantoaxialis bewegen.

Hauptcharakteristikum des Axis ist der zahnähnliche Dens axis, der sich nach kranial vom Corpus vertebrae fortsetzt (Abb. 2.21B und Abb. 2.22). Die Vorderfläche des Dens besitzt eine ovale Facette **(Facies articularis anterior)** zur Artikulation mit der Fovea dentis des Arcus anterior atlantis.

Abb. 2.21



Regionaler Aufbau. **A**. Halswirbelkörper. **B**. Atlas und Axis. **C**. Brustwirbelkörper. **D**. Lendenwirbelkörper. **E**. Kreuzbein. **F**. Steißbein.

An seinen lateralen Oberflächen besitzt der Dens axis zirkuläre Vertiefungen. Sie dienen den **Ligamenta alaria** (Flügelbänder) als Ansatz. Über die Ligamenta alaria ist der Dens an den medialen Oberflächen der Condyli occipitales fixiert. Die Ligamenta alaria verhindern ausgeprägte Rotationsbewegungen des Kopfes und des Atlas in Relation zum Axis.

Vertebrae thoracicae

Die zwölf Brustwirbel sind durch ihre Artikulation mit den Rippen charakterisiert. Der typische Brustwirbel besitzt auf jeder Seite zwei Gelenkflächen (Fovea costalis superior und Fovea costalis inferior) zur Artikulation mit dem Köpfchen der zugehörigen Rippe sowie dem Köpfchen der darunterliegenden Rippe (Abb. 2.21C). Die Fovea costalis superior ist wesentlich größer als die Fovea costalis inferior.

Am linken und rechten Processus transversus befindet sich ebenfalls jeweils eine Gelenkfläche (Fovea costalis processus transversi) zur Artikulation mit dem jeweiligen Tuberculum costae der entsprechenden Rippe. Das Corpus vertebrae ist beim Blick von oben leicht herzförmig, das Foramen vertebrale rund.

Vertebrae lumbales

Die fünf Lendenwirbel lassen sich leicht anhand ihrer Größe von den anderen Wirbeln unterscheiden (Abb. 2.21D). Außerdem besitzen sie keine Gelenkflächen zur Artikulation mit den Rippen. Der Processus costalis (Processus transversus) ist mit Ausnahme von LWK 5 dünn und lang. Letzterer besitzt einen massiven und mehr zapfenförmigen Processus transversus, an dem die Ligamenta iliolumbalia inserieren und so den fünften Lendenwirbel am Beckenring fixieren.

Das Corpus vertebrae des typischen Lendenwirbels ist zylindrisch; das Foramen vertebrale ist mehr dreieckig und größer als in der Brustwirbelsäule.

Os sacrum

Das Os sacrum ist ein Knochen, der aus der Verschmelzung der fünf Sakralwirbel hervorgegangen ist (Abb. 2.21E). Beim Blick von ventral oder dorsal ist es dreieckig mit einer kranialen Basis ossis sacri und einer kaudalen Spitze (Apex ossis sacri). Die in das Becken weisende Oberfläche ist konkav, die nach dorsal weisende Oberfläche konvex geformt. Kranial artikuliert das Os sacrum mit dem fünften Lendenwirbel, kaudal mit dem Os coccygis. Lateral-kranial besitzt das Os sacrum beiderseits jeweils eine Gelenkfläche (Facies auricularis) zur Artikulation mit den Ossa coxae. Beim Blick von dorsal sieht man in der Hinterfläche des Os sacrum vier paarig angelegte Foramina sacralia posteriora und entsprechend auf der ventralen Oberfläche viermal zwei Foramina sacralia anteriora, die als Durchtrittsstellen für die Rami dorsales und Rami ventrales der Spinalnerven S1 bis S4 dienen.

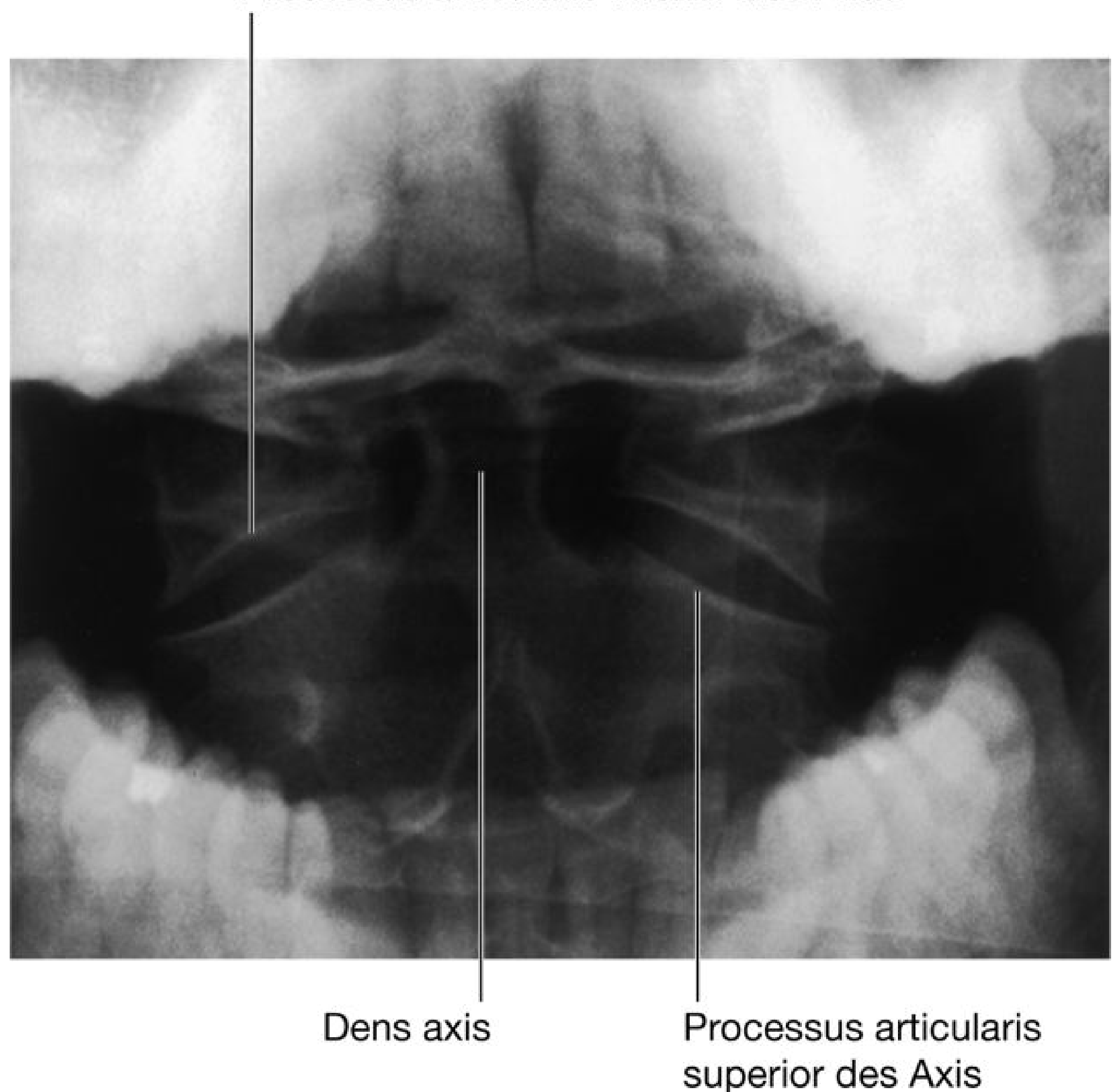
Die dorsale Wand des Canalis sacralis ist am kaudalen Ende im Bereich des Hiatus sacralis meist unvollständig verschlossen.

Os coccygis

Das Steißbein ist ein kleiner dreieckiger Knochen, der mit dem kaudalen Ende des Os sacrum artikuliert und aus der Fusion von drei bis vier ehemals eigenständigen Vertebrae coccygeae hervorgegangen ist (Abb. 2.21F). Es ist durch seine Größe sowie durch das Fehlen von Wirbelbögen und damit eines Spinalkanals gekennzeichnet.

33
34

Abb. 2.22



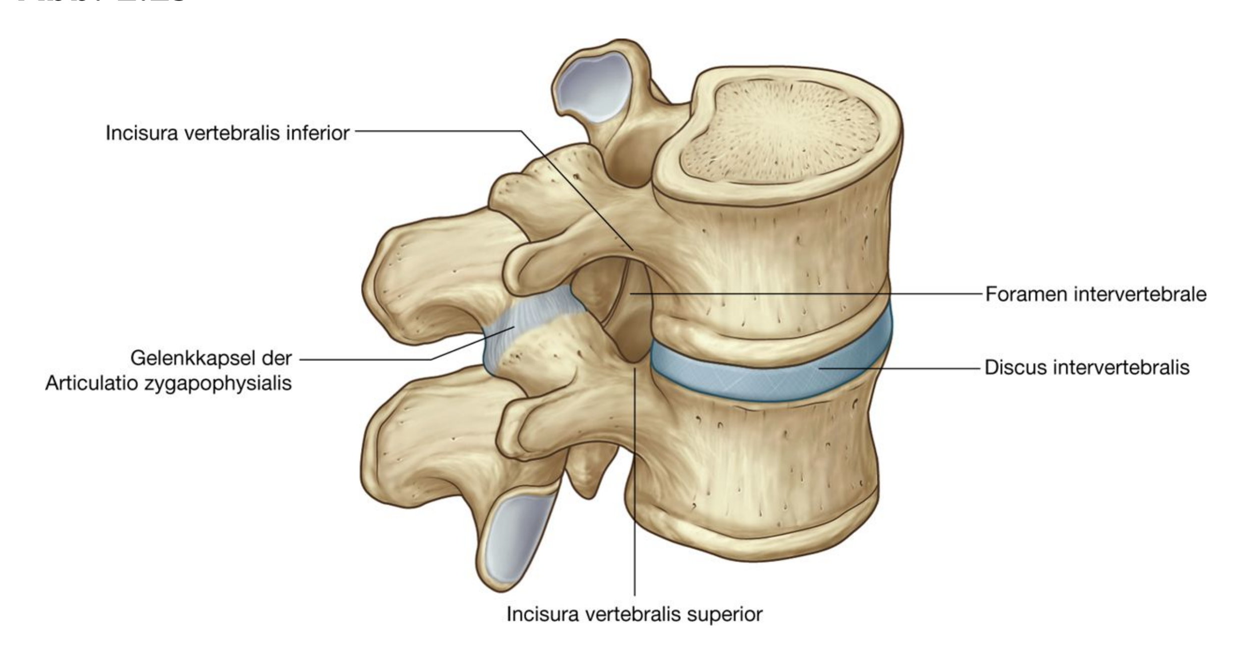
Röntgenaufnahme durch den geöffneten Mund auf Höhe C1 (Atlas) und C2 (Axis), anteroposteriorer Strahlengang.

Foramina intervertebralia

Zwischen zwei Wirbeln mit ihrem zugehörigen Discus articularis (diese Einheit aus zwei Wirbeln wird als Bewegungssegment bezeichnet) ist seitlich auf beiden Seiten jeweils ein

Foramen intervertebrale ausgebildet (Abb. 2.23). Über das Foramen intervertebrale verlassen die Spinalnerven sowie Blutgefäße den Canalis vertebralis oder treten in ihn ein.

Abb. 2.23



Foramen intervertebrale.

Das Foramen intervertebrale wird

- kranial von der Incisura vertebralis superior des Pediculus arcus vertebrae des oberen Wirbels,
- kaudal von der Incisura vertebralis inferior des Pediculus arcus vertebrae des unteren Wirbels,
- ventral von den Hinterflächen der Corpora vertebrae sowie dem Discus articularis,
- dorsal vom Processus articularis superior des unteren Wirbels sowie vom Processus articularis inferior des oberen Wirbels und vom Bandapparat des dazwischen liegenden Gelenks (Articulatio zygapophysialis) begrenzt.

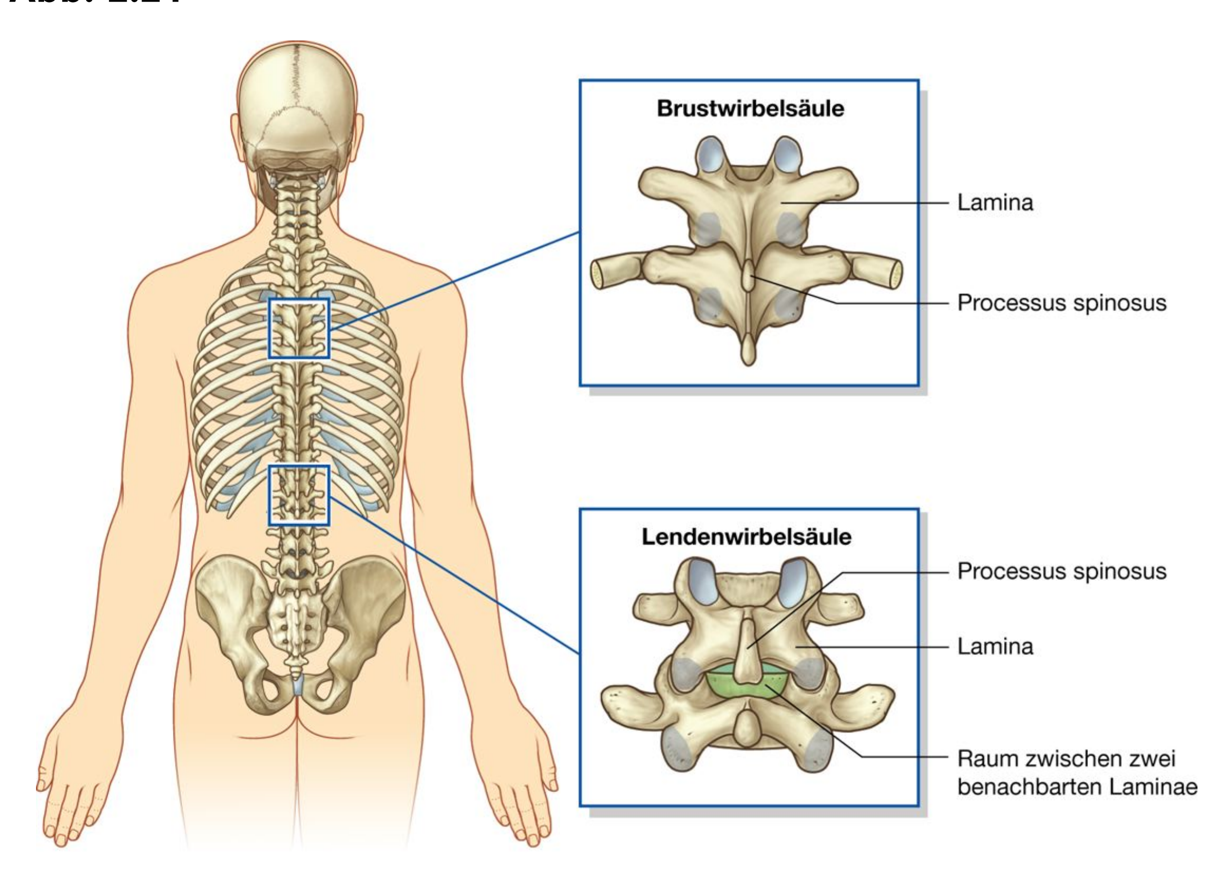
Jedes Foramen intervertebrale ist ein durch Knochen, Bänder und Gelenke begrenzter Raum. *Durch pathologische Veränderungen einer dieser Strukturen sowie in der umgebenden Muskulatur können die durch das Foramen ein- und austretenden Strukturen geschädigt werden*.

Dorsale Zwischenräume der Wirbelbögen

In den meisten Bereichen der Wirbelsäule überlappen sich die in der Mittellinie miteinander verschmolzenen Laminae vertebrales, ebenso die von hieraus ihren Ursprung nehmenden Processus spinosi benachbarter Wirbel, sodass der Canalis vertebralis dorsal knöchern verschlossen ist. In der Lendenwirbelsäule existieren allerdings große Spalten zwischen den dorsalen Anteilen benachbarter Wirbelbögen (Abb. 2.24). Diese Spalten zwischen benachbarten

Laminae und Processus spinosi werden von L1 zu L5 größer. Der Durchmesser der Zwischenräume nimmt bei Vorwärtsneigung der Wirbelsäule noch weiter zu. *Über die Zwischenräume hat der Arzt die Möglichkeit, relativ leicht an den Spinalkanal zu gelangen, um hier diagnostische oder therapeutische Verfahren durchzuführen.*

Abb. 2.24



Spalträume zwischen benachbarten Wirbelbögen der Lendenwirbelsäule.

Klinik

Osteoporose

Die Osteoporose ist eine metabolische Knochenerkrankung (Osteopathie) ungeklärter Ätiologie mit lokalisierter oder universeller Verminderung von Knochengewebe ohne Veränderung der Gesamtform. Osteoporose tritt besonders bei Frauen über 50 bis 60 Jahren sowie bei Männern über 70 Jahren auf.

Zur Entwicklung der Osteoporose tragen zahlreiche Faktoren bei, wie genetische Prädisposition, körperliche Aktivität, Ernährungszustand und insbesondere der Östrogenstatus bei Frauen.

Typische Komplikationen der Osteoporose sind Wirbelfrakturen, distale Radiusfrakturen und Schenkelhalsfrakturen.

Mit zunehmendem Alter und abnehmender Knochenqualität steigt die Gefahr von Knochenfrakturen. Die Frakturheilung ist bei diesen älteren Patienten verzögert, die daher länger im Krankenhaus verbleiben müssen und eine verlängerte Rehabilitation benötigen.

Die Frakturgefahr lässt sich durch die Identifizierung von Risikopatienten sowie eine geeignete Arzneimitteltherapie und Präventivmaßnahmen senken. Allerdings geht die Osteoporose nicht mit spezifischen klinischen Befunden und Symptomen einher. Oft wird die Diagnose erst gestellt, wenn der Patient aufgrund einer pathologischen Fraktur beim Arzt erscheint.

Patienten mit erhöhtem Osteoporoserisiko werden mittels Dual-Photonen-Röntgen-Rasterabsorptiometrie (DXA; Röntgen mit schwachen Strahlen) und Zählung der detektierten Photonen identifiziert. Bei Kenntnis der applizierten Dosis kann die Menge der vom Knochen absorbierten Röntgenstrahlung ermittelt und anschließend mit der Knochenmasse direkt korreliert werden. Dadurch ist eine Vorhersage des Frakturrisikos bei Osteoporose möglich.

35

36

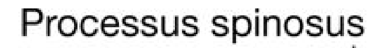
Klinik

Spina bifida (Rachischisis)

Unter einer Spina bifida versteht man das Ausbleiben der Verschmelzung der beiden Wirbelbögen in der Mittellinie im Rahmen der Entwicklung. Dadurch entsteht ein dorsal „offener" Wirbelkanal (hintere Wirbelsäulenspaltbildung; Abb. 2.25). Meist tritt die Spina bifida in der Lendenwirbelsäule auf. Man unterscheidet zwei Typen:

- Die häufigere Form ist die Spina bifida occulta, meist charakterisiert durch einen Fusionsdefekt der Wirbelbögen von L5 oder S1. Ein solcher Defekt kommt bei etwa 10 % der Bevölkerung vor und wird meist zufällig im Rahmen einer Röntgenuntersuchung oder wegen eines bei der klinischen Untersuchung auffallenden Haarbüschels (Terminalhaare) über dem fehlenden Processus spinosus bemerkt. Da die Haut über der Wirbelsäule aber geschlossen ist, sind die „Patienten" asymptomatisch.
- Die ernstere Form ist die Spina bifida aperta. Hierbei ist es zu einem Ausbleiben der Fusion sämtlicher Wirbelbögen im Bereich des lumbosakralen Übergangs gekommen. Die Haut über dem Defekt ist nicht geschlossen, und die Hirnhäute (Meningen) liegen frei. Enthält der freiliegende Meningealsack Liquor, spricht man von einer **Meningozele**, enthält er zusätzlich Anteile des Rückenmarks, spricht man von einer **Meningomyelozele**. Die Veränderungen können mit ausgeprägten neurologischen Defiziten einhergehen (oft auch mit Fehlbildungen der Beine) und betreffen meist das Gehen und die Blasenfunktion.

Abb. 2.25





Röntgenaufnahme einer Spina bifida im Lumbosakralbereich. Man erkennt das Fehlen von Laminae und Processus spinosi im Bereich der unteren Lumbalwirbel und einen offenen Canalis sacralis.

Klinik

Wirbelsäule und Krebs

Die Wirbel sind ein häufiger Metastasierungsort (sekundäre Ausbreitung von Tumoren). Wenn Zellen solcher bösartigen Tumoren einen Wirbelkörper und/oder dorsale Wirbelanteile befallen, zerstören sie die normale Knochenmatrix und damit die mechanischen Eigenschaften des Knochens. Dadurch kann schon eine kleinere Belastung zu einem Wirbelzusammenbruch (Zusammensintern des Wirbels) führen. Außerdem können

Fragmente der vom Tumor befallenen Wirbel in den **Spinalkanal** gelangen, sodass Spinalnerven oder das Rückenmark eingeklemmt werden.

36

37

Klinik

Skoliose

Unter einer Skoliose versteht man die dauerhafte seitliche Krümmung der Wirbelsäule in der Frontalebene (Abb. 2.26).

Eine echte Skoliose führt nicht nur zur Seitkrümmung in der Frontalebene, sondern tritt mit gleichzeitiger Rotation und Torsion einzelner Wirbel zueinander auf.

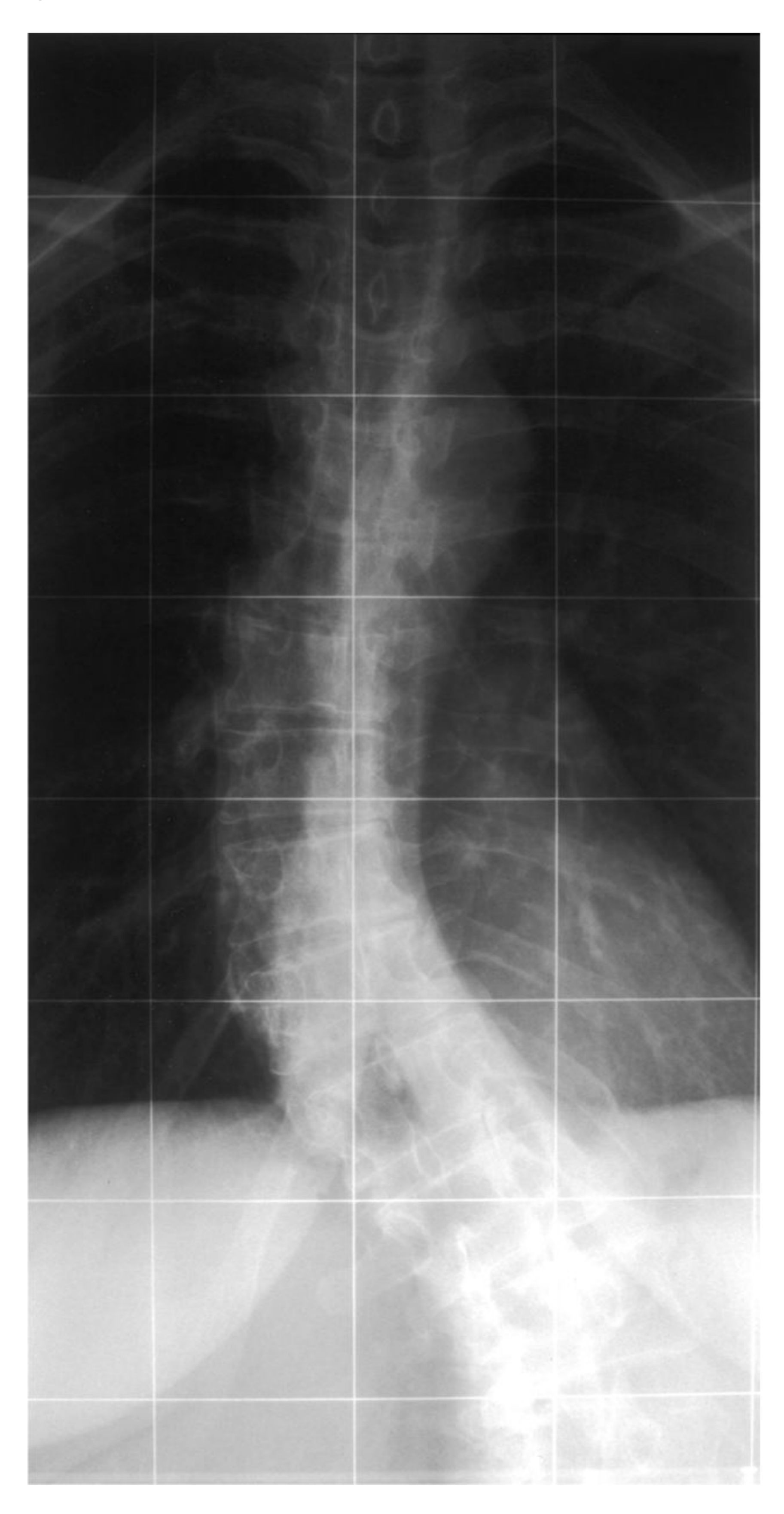
Die häufigste Form ist die idiopathische (essenzielle, habituelle oder genuine) Skoliose ohne erkennbare Ursache. Es handelt sich dabei niemals um angeborene Skoliosen, sondern um Skoliosen, die im Kleinkindalter, in der Jugend oder im Erwachsenenalter auftreten. Die Wirbelkörper und die dorsalen Wirbelanteile (Pedikel und Laminae) sind bei diesen Patienten normal ausgebildet.

Eine angeborene (kongenitale) Skoliose ist normalerweise mit anderen entwicklungsbedingten Fehlbildungen wie Brustwanddefekten, Abnormitäten des Urogenitaltrakts und Herzkrankheiten assoziiert. Diese Patienten müssen sorgfältig von verschiedenen Fachärzten untersucht werden. Eine Skoliose kann auch gemeinsam mit Fehlbildungen des zentralen oder peripheren Nervensystems vorkommen (neuropathische Skoliose). Sie tritt beispielsweise bei Kindern mit Zerebralparese oder im Rahmen einer Poliomyelitis auf.

Eine seltene, aber wichtige Gruppe sind Skoliosen aufgrund von Muskelerkrankungen, meist im Rahmen einer Muskeldystrophie. Die abnorme Muskulatur ist nicht in der Lage, die normale Ausrichtung der Wirbelsäule aufrechtzuerhalten. Dadurch kommt es zur Verkrümmung. Zur Diagnosestellung muss bei solchen Erkrankungen eine Muskelbiopsie durchgeführt werden.

Andere Erkrankungen, die zu einer erworbenen Skoliose führen können, sind Spondylitiden, Rachitis, Verletzungen, Beckenasymmetrien, Beinlängenunterschiede, Knochentumoren, Rückenmarkstumoren und lokalisierte Bandscheibenvorfälle.

Abb. 2.26



Röntgenaufnahme einer Thoraxskoliose.

Klinik

Variationen in der Wirbelzahl

Normalerweise kommen sieben Halswirbel vor, die jedoch bei verschiedenen Erkrankungen teilweise fusioniert sein können. Derartige Wirbelverschmelzungen im Bereich der Halswirbelsäule (Abb. 2.27A) sind oft mit weiteren Fehlbildungen assoziiert, wie einem Klippel-Feil-Syndrom, einer erblichen Entwicklungsstörung mit Kurzhals infolge frühembryonaler Verschmelzung meist von C1 mit C2 oder von C5 mit C6, eventuell mit Spina bifida, Tiefstand der Ohren, Schulterhochstand (reitende Scapula; Sprengel-Deformität), Herz- und anderen Fehlbildungen.

Variationen in der Anzahl von Brustwirbeln kommen häufig vor. Eine der häufigsten Fehlbildungen in der Lendenwirbelsäule ist die meist teilweise, aber auch komplette Verschmelzung von L5 mit dem Os sacrum (sog. Sakralisation). Umgekehrt kann die Verschmelzung von S1 mit den übrigen Sakralwirbeln zum Os sacrum ausbleiben. In diesem Fall spricht man von einer Lumbalisation (Abb. 2.27B).

Zwischen der Anzahl der Wirbel und dem Auftreten von Rückenschmerzen besteht kein Zusammenhang, obwohl beides nicht voneinander getrennt werden kann. Chirurgen (Orthopäden, Unfallchirurgen) und Radiologen müssen in der Lage sein, einzelne Wirbellevel genau voneinander abzugrenzen, um therapeutische Irrtümer zu vermeiden.

Von einem Halbwirbel (Hemivertebra) spricht man, wenn ein Wirbel nur auf einer Seite aus den entsprechenden Sklerotomen hervorgeht (Abb. 2.27B).

Abb. 2.27





Variationen in der Anzahl der Wirbel. **A**. Fusion von Wirbelkörpern in der Halswirbelsäule. **B**. Hemivertebra.

Klinik

Kyphose

Eine Kyphose ist eine rückwärts gerichtete (dorsal konvexe) Wirbelsäulenkrümmung. Sie ist im Bereich der Brustwirbelsäule in leichter Form natürlich, in der Hals- und Lendenwirbelsäule im Gegensatz dazu immer krankhaft. Sie führt zur Ausbildung eines Gibbus (Buckel) und kann bei Rachitis als frühkindlicher Sitzbuckel, bei Wirbelkörperminderwertigkeit als juvenile oder Adoleszentenkyphose (Morbus Scheuermann), bei Elastizitätsverlust der Haltemuskulatur und Degeneration der Bandscheiben als senile oder Alterskyphose sowie bei Systemerkrankungen des Skeletts und als angeborene Kyphose (Halb- oder Blockwirbel) auftreten. Eine der dramatischeren Formen ist eine Kyphose im Rahmen einer Tuberkulose mit **Gibbusbildung**, die vor Einführung der Antituberkulotika häufig war.

Hyperlordose

Hierunter versteht man eine unphysiologisch starke Lordosebildung, die besonders im Lendenbereich auftritt.

GELENKE

Bereiche, in denen zwei Skelettelemente miteinander in Verbindung treten, werden als Gelenke bezeichnet. Die beiden Gelenkhaupttypen sind (Abb. 2.28):

- Gelenke, deren Skelettelemente durch einen Gelenkspalt voneinander getrennt sind. Hier sind die Knochen diskontinuierlich (beweglich) miteinander verbunden und bilden eine **Diarthrose (Articulatio synovialis, echtes Gelenk)**.
- Gelenke, deren Skelettelemente durch ein Zwischengewebe und damit kontinuierlich (unbeweglich) miteinander verbunden sind. Ihre Knochen bilden **Synarthrosen**.

Blutgefäße und Nerven, die am Gelenk vorbeiziehen oder die dem Gelenk zugehörige Muskulatur innervieren, geben normalerweise Rami articulares zum Gelenk ab.

Diarthrosen

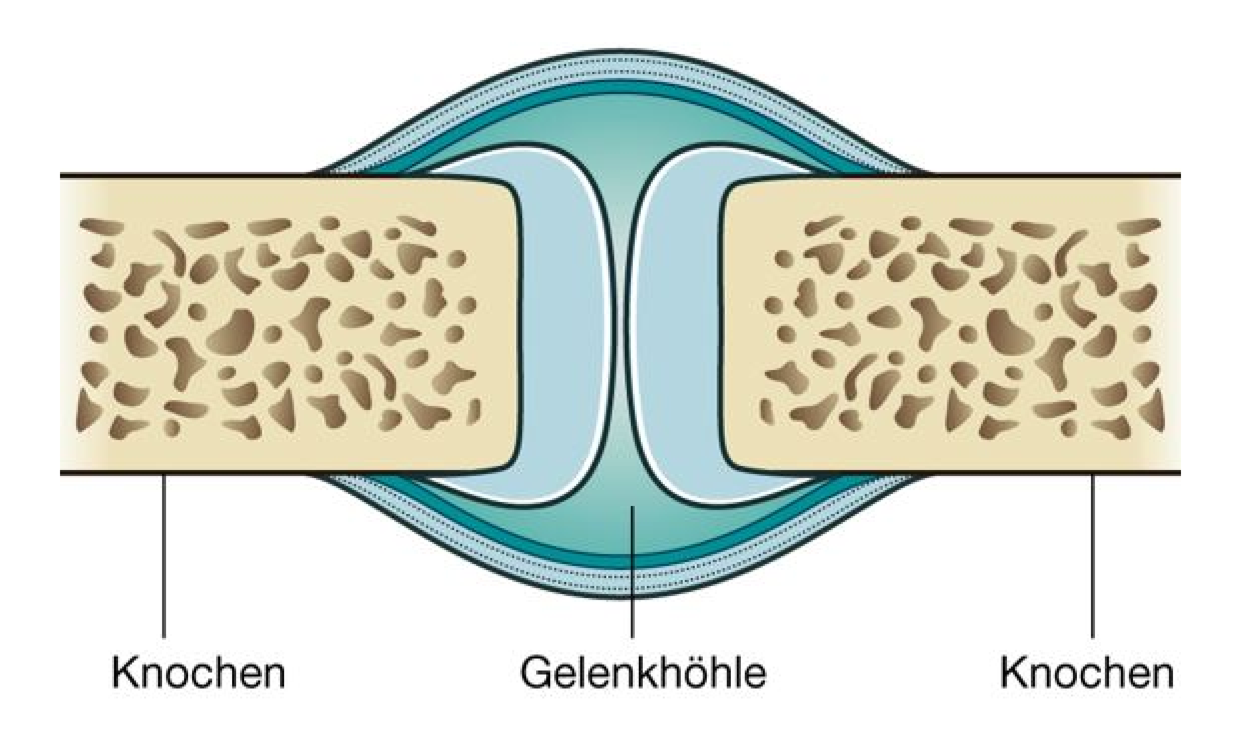
Diarthrosen (Synovialgelenke) sind Verbindungen zwischen Skelettelementen, die durch einen engen Gelenkspalt voneinander getrennt sind (Abb. 2.29). Außer der Gelenkhöhle haben solche Gelenke verschiedene charakteristische Eigenschaften.

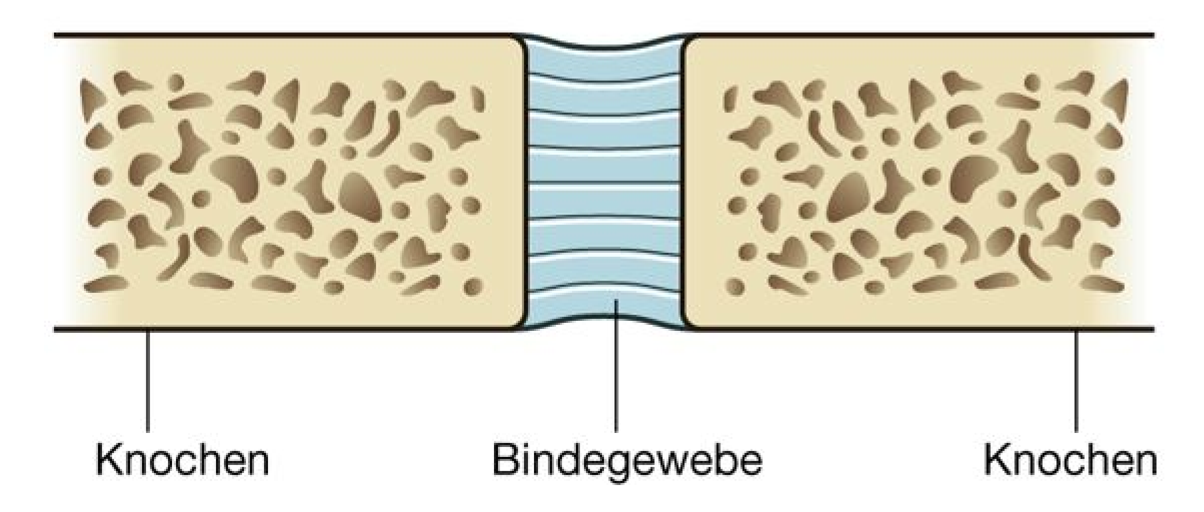
Erstens sind die Gelenkflächen von hyalinem Knorpel überzogen, der nicht von einem Perichondrium überzogen ist. Der Gelenkknorpel ist einige Millimeter dick. Er wirkt wie ein Stoßdämpfer für den darunterliegenden Knochen und dient der gleichmäßigen Spannungsverteilung auf die kraftübertragende Fläche. Die Knochen haben somit keinen direkten Kontakt zueinander. In konventionellen Röntgenaufnahmen erscheint der Spalt zwischen den gelenkbildenden Knochenelementen immer wesentlich breiter, als es dem echten

Gelenkspalt entspricht, weil der Gelenkknorpel strahlendurchlässiger ist als Knochen und somit nicht auf der Röntgenaufnahme abgebildet wird.

Ein zweites Merkmal von Synovialgelenken ist das Vorkommen einer **Gelenkkapsel** (Membrana articularis), die aus einer inneren **Membrana synovialis** und einer äußeren **Membrana fibrosa** besteht:

Abb. 2.28



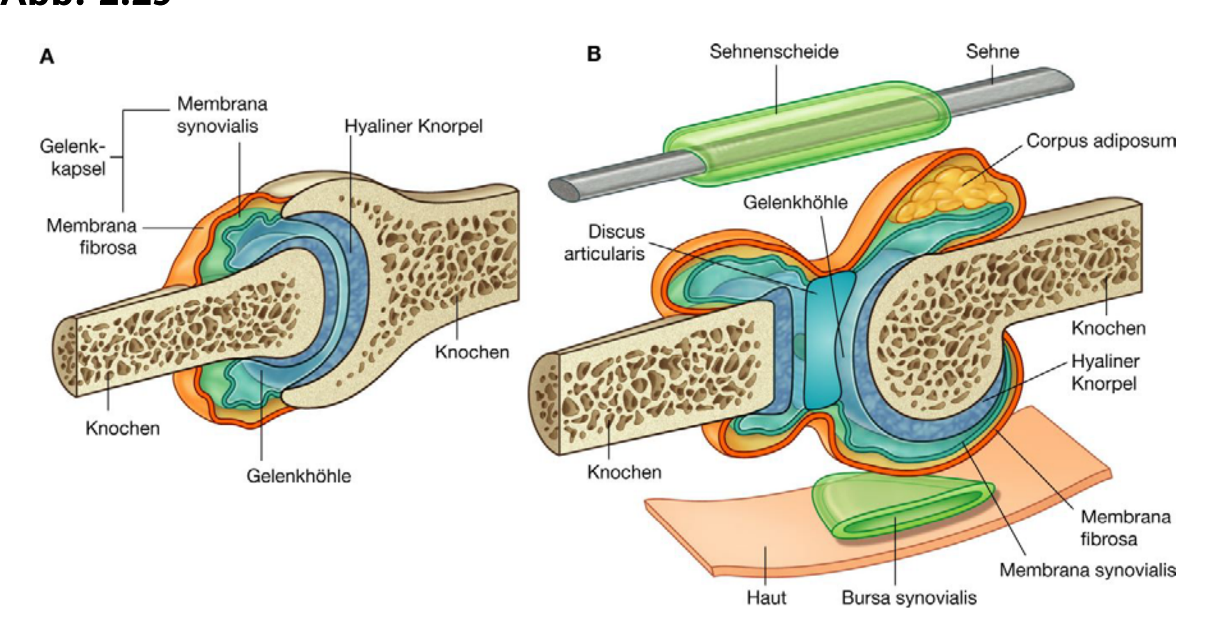


Gelenke. **A**. Diarthrose. **B**. Synarthrose.

- Die **Synovialmembran** (Membrana synovialis) ist an den Grenzen zwischen Knorpel und Knochen befestigt und schließt die Gelenkhöhle ein. Sie ist gut vaskularisiert und produziert Synovia (Gelenkschmiere), die in die Gelenkhöhle abgegeben wird und der Lubrifikation (Gelenkflächenschmierung) der artikulierenden Gelenkflächen dient sowie 39 40 den gefäßfreien Gelenkknorpel ernährt. Außerhalb von Gelenken kommt eine Membrana synovialis in Schleimbeuteln (Bursae synoviales) und Sehnenscheiden (Vaginae synoviales) vor. Letztere besitzen außer der Synovialmembran ebenfalls eine bindegewebige Hülle. Bursen und Sehnenscheiden kommen an Stellen vor, wo Sehnen über Knochen und Gelenke oder unter Bändern verlaufen, und dienen der Reibungsminderung. Sie stehen eventuell mit dem benachbarten Gelenk in Verbindung (kommunizieren).
- Die **Membrana fibrosa** besteht aus straffem kollagenen Bindegewebe. Sie umgibt und stabilisiert das Gelenk. Anteile der Membrana fibrosa können zu Bändern (Ligamenta) verdickt sein, die der weiteren Gelenkstabilisation dienen. Bänder außerhalb der Gelenkkapsel dienen gewöhnlich ebenfalls zusätzlich der Stabilisierung.

Ein weiteres häufiges, aber nicht überall vorhandenes Merkmal von Diarthrosen sind zusätzliche Strukturen innerhalb der Gelenkkapsel oder der Synovialmembran, wie **Disci articulares** (Zwischenscheiben, gewöhnlich aus Faserknorpel – Fibrocartilago interarticularis), Fettpolster **(Corpora adiposa)**, Sehnen **(Tendines)** und Gelenklippen. Disci sind größtenteils gefäß- und nervenfreie Gelenkscheiben, die den Gelenkraum meist in zwei getrennte Kammern (dithalamische Gelenke) teilen, dem Ausgleich von Inkongruenzen und der Herabsetzung von Schubbeanspruchungen dienen und das Ausmaß des Bewegungsumfangs eines Gelenks steigern. Fettpolster kommen gewöhnlich zwischen Membrana synovialis und Gelenkkapsel vor, haben Platzhalterfunktion und sind konturbildend. Aussackungen der Gelenkkapsel (Recessus) vergrößern das Bewegungsausmaß von Gelenken.

Abb. 2.29



Diarthrosen.

Gelenklippen kommen als Pfannenlippen **(Labra glenoidalia)** im Schulter- und Hüftgelenk vor. Sie vergrößern die Gelenkpfanne.

Beschreibung von Diarthrosen

Diarthrosen werden entsprechend der Anzahl der am Gelenk beteiligten Knochen eingeteilt in

- **einfache Gelenke** (zwei Knochen artikulieren miteinander) und
- **zusammengesetzte Gelenke** (mehr als zwei Knochen artikulieren, z. B. Ellenbogengelenk).

Entsprechend ihren Bewegungsmöglichkeiten werden Gelenke in **frei bewegliche** und **straffe Gelenke** unterteilt.

Frei bewegliche Gelenke können einachsig, zweiachsig oder dreiachsig sein:

- **Einachsige Gelenke** bewegen sich um eine Hauptachse, wie das Scharniergelenk (Ginglymus), das aus einer konkaven Gelenkpfanne und einem walzenförmigen Gelenkkopf besteht. Die Gelenkpfanne umfasst den Gelenkkopf teilweise (z. B. Ellenbogengelenk, Kniegelenk, Sprunggelenk). Ferner gehören zu den einachsigen Gelenken Drehgelenke (Articulationes trochoideae), die im Körper als Rad- und als Zapfengelenke vorkommen. Im Radgelenk dreht sich die Gelenkpfanne um einen fest stehenden zapfenförmigen Gelenkkopf (z. B. Articulatio atlantoaxialis, Articulatio radioulnaris distalis). Im Zapfengelenk dreht sich ein zapfenförmiger Gelenkkopf in einer konkaven Gelenkpfanne (z. B. Articulatio radioulnaris proximalis).

40

41

- **Zweiachsige Gelenke** bewegen sich um zwei Hauptachsen. Man unterscheidet Sattel- und Eigelenke. Bei Sattelgelenken haben Gelenkkopf und Gelenkpfanne eine konkav gekrümmte Gelenkfläche (z. B. Daumensattelgelenk). Bei Eigelenken (Ellipsoidgelenke) liegt ein konvexer ovaler Gelenkkopf in einer konkaven Gelenkpfanne (z. B. Articulatio radiocarpalis).
- **Dreiachsige Gelenke** bewegen sich um drei Hauptachsen. Hierzu gehören Kugel- und Nussgelenke. Kugelgelenke besitzen einen kugelförmigen Gelenkkopf und eine konkave Gelenkpfanne (z. B. Schultergelenk). Nussgelenke sind eine Sonderform der Kugelgelenke, ihr Gelenkkopf ist zu mehr als 50 % von der Gelenkpfanne umgeben (z. B. Hüftgelenk).

Straffe Gelenke (Amphiarthrosen) besitzen aufgrund einer straffen Gelenkkapsel und kräftiger kurzer Bänder nur einen minimalen Bewegungsspielraum (z. B. Articulatio sacroiliaca).

Synarthrosen

Synarthrosen (Fugen, Haften) sind Verbindungen zwischen Skelettelementen, die aus straffem Bindegewebe oder aus Knorpel bestehen (Abb. 2.30). Das Bewegungsausmaß ist gegenüber den Diarthrosen stark eingeschränkt. Nach Art des Zwischengewebes unterscheidet man

- **Articulatio fibrosa** (Bandgelenk) aus straffem Bindegewebe und
- **Articulatio cartilaginea** (Knorpelgelenk) aus Knorpel.

Articulationes fibrosae werden in Suturen, Gomphosen und Syndesmosen eingeteilt:

- **Suturen** (Nähte) kommen am Schädel vor und verbinden die einzelnen Schädelknochen über kurze Kollagenfasern miteinander. Bei der Geburt ermöglichen die Suturen eine Verformung des Schädels im Geburtskanal. Später gewährleisten sie das Schädelwachstum. Im höheren Lebensalter verknöchern sie teilweise.
- **Gomphosen** (Einzapfungen, Singular: Gomphosis) findet man zwischen Zähnen und umgebendem Knochen. Die Zähne sitzen in Alveolen des Ober- und Unterkiefers und sind über Kollagenfasern in den Zahnfächern federnd aufgehängt (Periodontium, Wurzelhaut).
- **Syndesmosen** (Bandhafte) verbinden Knochen durch straffes Bindegewebe mit einem Anteil an elastischen Fasern untereinander (z. B. Ligamentum nuchae, Membrana interossea antebrachii, Membrana interossea cruris).

Articulationes cartilagineae werden in Synchondrosen und Symphysen eingeteilt:

- **Synchondrosen** bestehen aus hyalinem Knorpel. Sie bilden Wachstumszentren, die im Laufe der Skelettreifung verknöchern (z. B. Synchondrosis sternalis).
- **Symphysen** verbinden zwei Knochen über Faserknorpel miteinander (z. B. Symphysis pubica zwischen den beiden Schambeinen).

Kommt es zu einer Verknöcherung einer Articulatio fibrosa oder einer Articulatio cartilaginea, spricht man von **Synostose**.

Gelenke zwischen den Rückenwirbeln

Die beiden Hauptgelenkformen zwischen Wirbeln sind (Abb. 2.31)

- Symphysen zwischen den Wirbelkörpern und
- Synovialgelenke zwischen den Processus articulares.

Der typische Wirbel geht sechs Gelenkverbindungen mit den benachbarten Wirbeln ein: vier Synovialgelenke (zwei mit dem darüberliegenden und zwei mit dem darunterliegenden Wirbel) und zwei Symphysen (eine mit dem darüberliegenden und eine mit dem darunterliegenden Wirbel). Jede Symphyse enthält einen Discus intervertebralis.

Obwohl die Beweglichkeit zwischen zwei Wirbeln (zwei Wirbel bilden ein Bewegungssegment) eingeschränkt ist, ergibt die Summe sämtlicher Bewegungssegmente ein großes Bewegungsausmaß der gesamten Wirbelsäule.

Bewegungen in der Wirbelsäule sind Flexion, Extension, Lateralflexion (Seitwärtsneigung), Rotation und Zirkumduktion.

In den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten (zervikal, thorakal, lumbal) sind bestimmte Bewegungen aufgrund der Gelenkorientierung und des Aufbaus der Gelenke nur eingeschränkt möglich.

Symphysen zwischen den Wirbelkörpern (Disci intervertebrales)

Zwischen den Corpora vertebrae liegen die Disci intervertebrales (Zwischenwirbelscheiben, Bandscheiben), welche die Wirbelkörper seitlich überragen (Abb. 2.31).

Ein **Discus intervertebralis** besteht aus einem äußeren Faserring (Anulus fibrosus) und einem innerhalb des Anulus liegenden wasserreichen Gallertkern (Nucleus pulposus).

- Der **Anulus fibrosus** besitzt eine aus straffem, lamellenartig angeordnetem Bindewebe bestehende Außenzone, die kontinuierlich in eine aus lamellenartig angeordnetem Faserknorpel bestehende Innenzone übergeht.
- Auf die Innenzone folgt kontinuierlich eine Übergangszone in den zentral gelegenen wasserreichen **Nucleus pulposus**. Das Bindegewebe enthält in unterschiedlichem Ausmaß Proteoglykanmoleküle (Bestandteil der Extrazellulärmatrix), die in großer Menge Wasser binden können. Das so gebundene Wasser hat die biomechanische Funktion einer gleichmäßigen Druckübertragung und ist gleichzeitig Konvektionsträger für Nährstoffe (bis auf die Außenzone ist die Bandscheibe avaskulär).

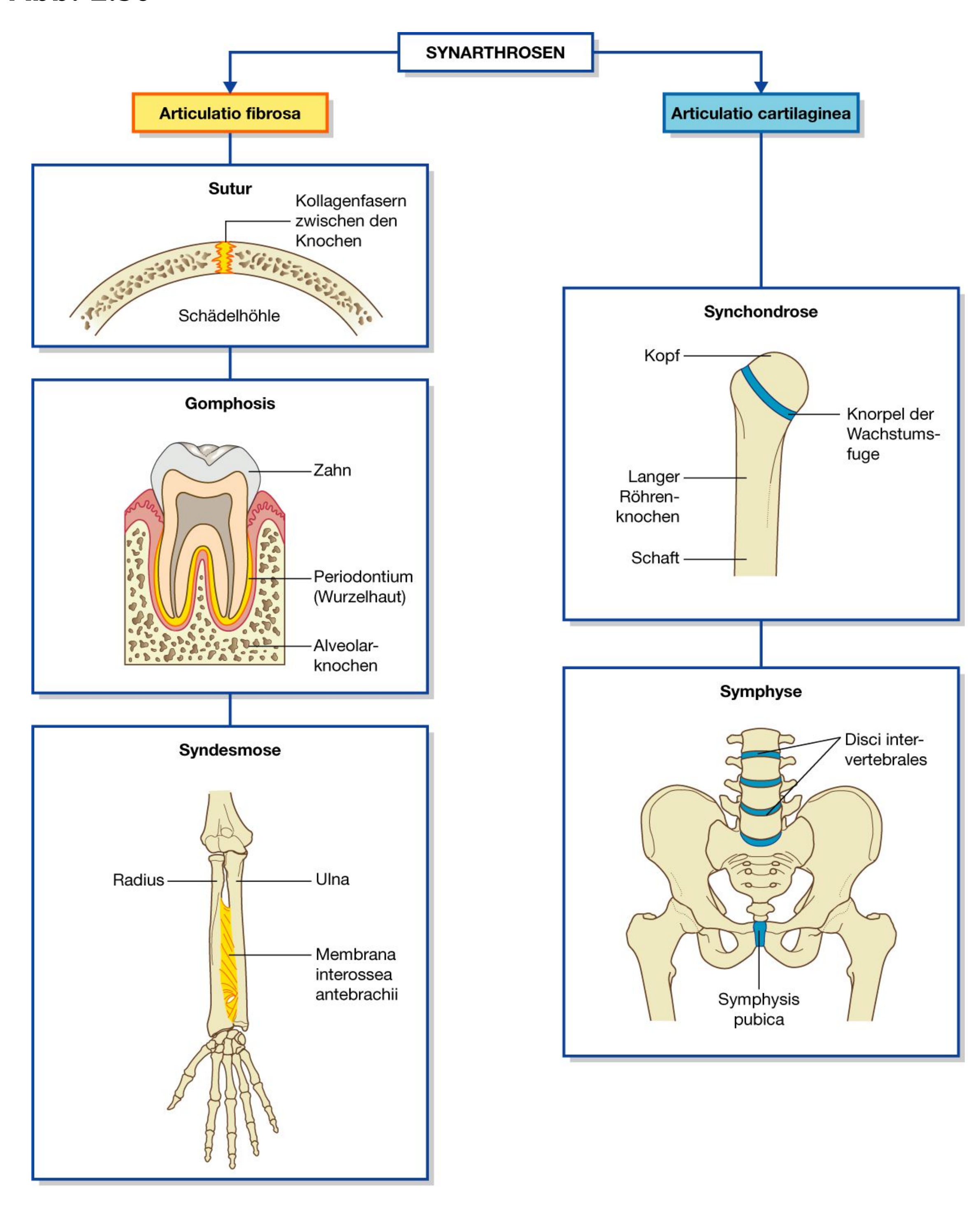
Die Disci intervertebrales sind an der Grund- und Deckplatte der über und unter ihnen liegenden Wirbelkörpers befestigt.

41

42

Altersbedingt kommt es zu einem Verlust an Proteoglykanen in den Bandscheiben und damit zu einer eingeschränkten Fähigkeit, Wasser zu binden. Die damit einhergehende Abnahme der Wirbelsäulenstabilität kann durch Rückenmuskeltraining ausgeglichen werden. Fehlt der Ausgleich allerdings, sind degenerative Veränderungen bis hin zum Bandscheibenprolaps die Folge. Degenerative Folgeerscheinungen können Arthosen in den echten Wirbelgelenken, Veränderungen der Wirbelkörper und die Ausbildung von Spondylophyten sein. Dadurch kann es zur Einengung der Foramina intervertebralia oder des Canalis vertebralis mit Druck auf Rückenmark oder/und Spinalnerven und daraus resultierenden Folgeerscheinungen kommen.

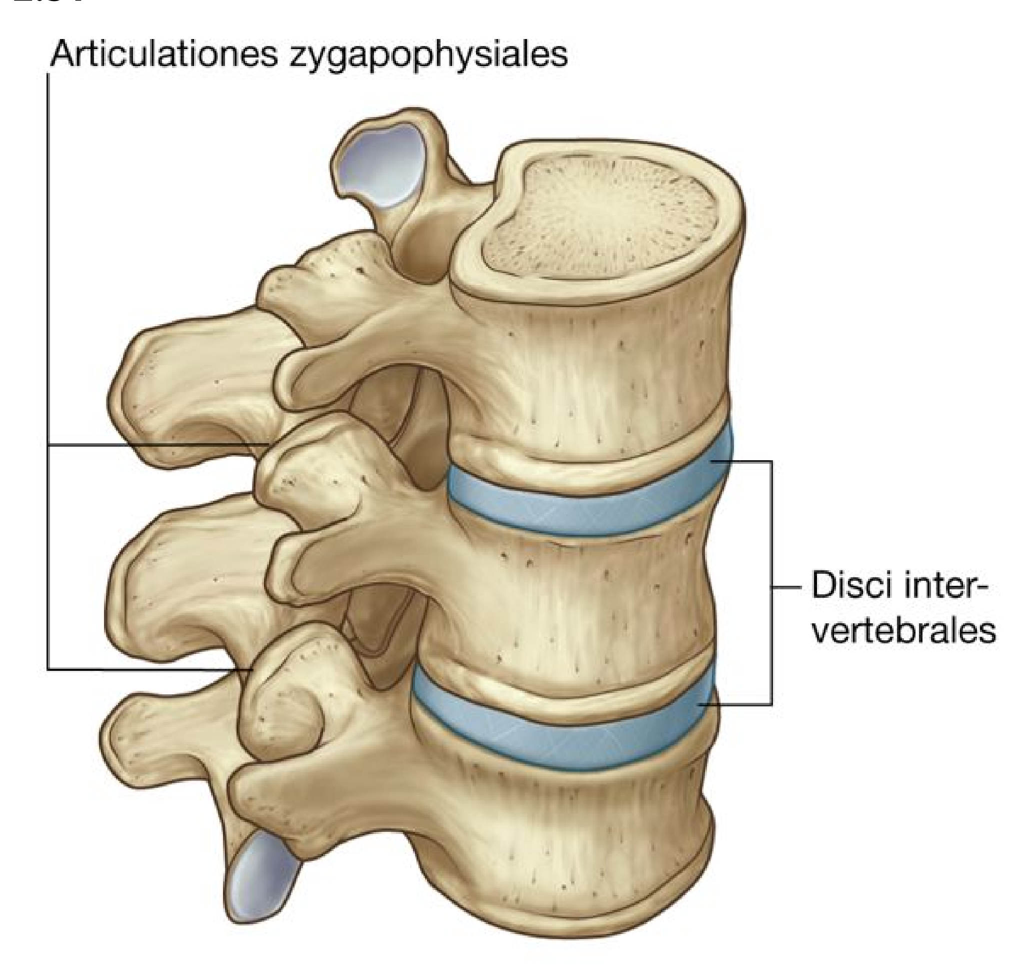
Abb. 2.30

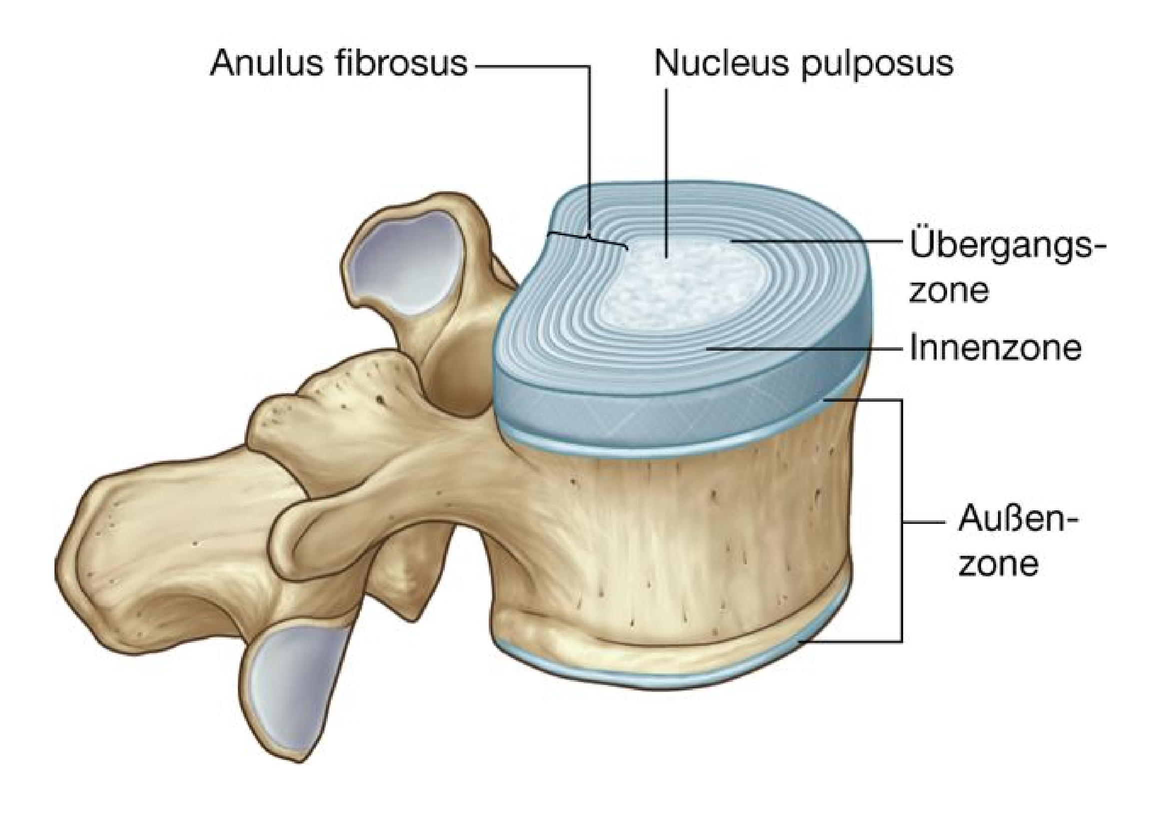


Synarthrosen.

42

Abb. 2.31





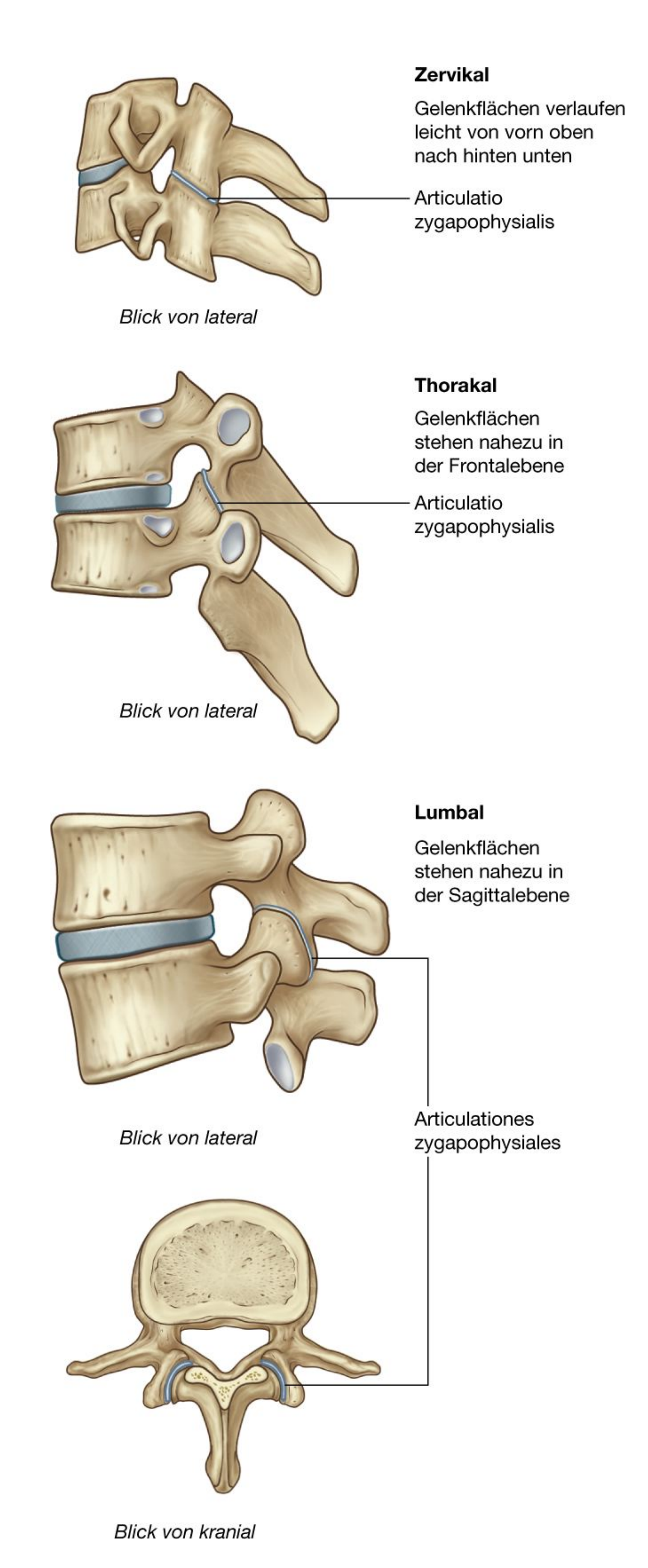
Articulationes intervertebrales.

Synovialgelenke zwischen den Wirbelbögen (Articulationes zygapophysiales)

Die Diarthrosen zwischen den Processus articulares superiores und inferiores benachbarter Wirbel werden als Articulationes zygapophysiales bezeichnet (Abb. 2.32). Jedes Gelenk ist von einer dünnen Gelenkkapsel umgeben.

In der Halswirbelsäule neigen sich die Gelenkflächen von vorn oben leicht schräg nach hinten unten. Hierdurch sind Flexion und Extension, aber auch Lateralflexion und Rotation möglich. In der Brustwirbelsäule stehen die Gelenkflächen nahezu in der Frontalebene. Hierdurch sind Flexion und Extension eingeschränkt, Rotation und Lateralflexion werden aber begünstigt. In der Lendenwirbelsäule stehen die Gelenkflächen nahezu in der Sagittalebene und ermöglichen dadurch Flexion und Extension, schränken aber Rotation und Lateralflexion ein.

Abb. 2.32



Articulationes zygapophysiales.

Klinik

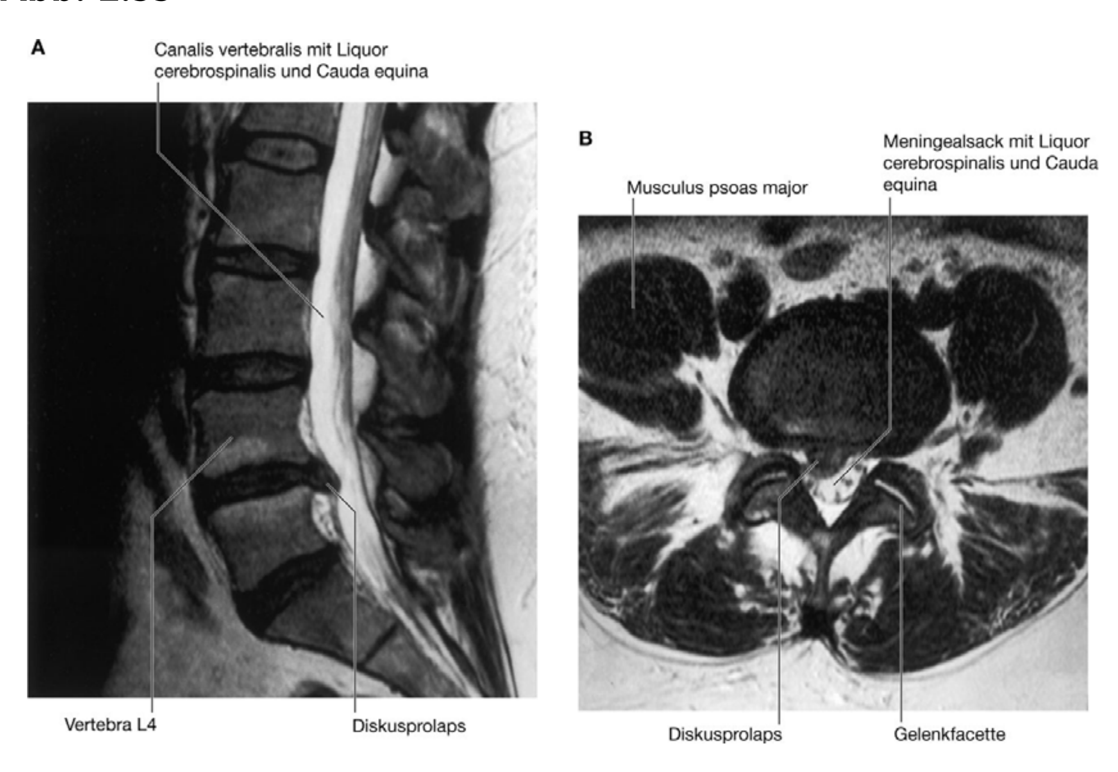
Diskusprolaps/Bandscheibenvorfall

Der Discus intervertebralis besteht aus einem zentral gelegenen Nucleus pulposus und einem aus verschiedenen Bindegewebszonen aufgebauten umgebenden Anulus fibrosus. Im Laufe des Lebens kommt es zur Reduktion des Wasserbindungsvermögens in Anulus fibrosus und Nucleus pulposus. Im Bereich des Anulus fibrosus entstehen kleine Risse (Chondrose). Dies ist radiologisch durch eine Höhenminderung und pathologisch durch eine Instabilität mit vermehrter Beweglichkeit im Bewegungssegment gekennzeichnet. Verstärkt sich die radiäre Rissbildung an einer Stelle, kann Bandscheibengewebe aus dem Intervertebralraum austreten (Diskusprolaps; Abb. 2.33).

Im weiteren Verlauf kommt es durch die Höhenabnahme der Bandscheibe und die dadurch reduzierte biomechanische Pufferfunktion zu vermehrter Belastung der Wirbelkörperdeck- und grundplatten. Röntgenologisch sieht man eine Sklerosierung mit vermehrter Strahlendichte (Osteochondrose). Wie bei Arthrosen an peripheren Gelenken kommt es zur Ausbildung von Randzacken (Spondylophyten) an den Wirbelkörpern (Spondylose). Klinisch äußert sich die progrediente Abnahme der Beweglichkeit für den Patienten in „einer wohltuenden Versteifung" der Wirbelsäule. Im dorsalen Teil des Bewegungssegments kommt es durch die Gefügelockerung zur Inkongruenz der Articulationes zygapophysiales. Die Inkongruenz führt zu degenerativen Veränderungen in den Gelenken (Spondylarthrosen) mit Ausbildung von Osteophyten, die das Foramen intervertebrale oder den Wirbelkanal einengen. Über einen längeren Zeitraum kommt es zur degenerativen Spinalkanalstenose (Spinalkanalverengung). Ein akuter Bandscheibenprolaps kann sofort oder nach einer gewissen Zeit zur Einklemmung eines Spinalnervs oder einer Spinalnervenwurzel bei lateralem Vorfall sowie des Rückenmarks (Myelopathie) oder der Cauda equina bei dorsalem Vorfall führen (Abb. 2.33).

Da im Bereich der Halswirbelsäule die Arteria vertebralis und mit dieser sympathische Nervenfasern zum Kopf ziehen, können degenerative Veränderungen in diesem Bereich auch vaskuläre und vegetative Symptome verursachen. Blockierungen können einen akuten Schiefhals, vegetative und vaskuläre Alterationen können Schwindel, Sehstörungen oder Übelkeit verursachen. Die Schmerzen strahlen häufig in den Nacken oder den Arm (Brachialgie) aus.

Abb. 2.33



Diskusprolaps – T2 gewichtete Magnetresonanztomographieaufnahmen im Bereich der Lendenwirbelsäule. **A**. Sagittalebene. **B**. Axialebene.

44
45

Klinik

Rückenschmerz

Rückenschmerzen sind ein sehr häufiges Symptom. Es ist oft äußerst schwierig herauszufinden, ob Rückenschmerzen in direktem Bezug zu mechanischen Fehlbeanspruchungen stehen oder ob gar ein Diskusprolaps mit Wurzelsymptomatik vorliegt. Bei Bandscheibenvorfällen kann ein operativer Eingriff nötig sein, um das vorgefallene Bandscheibengewebe zu entfernen und den eingeklemmten Nerv dadurch zu befreien.

Oft klagen Patienten über Rückenschmerzen, ohne dass ein morphologisches Korrelat nachweisbar ist. Der Schmerz wird daher auf mechanische Fehlbelastungen zurückgeführt, die durch degenerative Veränderungen hervorgerufen sind. Eine Therapiemöglichkeit ist die Injektion von Lokalanästhetika und Kortikosteroiden in das betroffene Gelenk.

Klinik

Gelenkerkrankungen

Einige Erkrankungen spielen sich bevorzugt in Synovialgelenken und nicht in Symphysen ab. Ein typisches Beispiel ist die rheumatoide Arthritis, die in erster Linie Synovialgelenke,

Bursen und Sehnenscheiden betrifft. Dabei kommt es ohne Behandlung zu ausgeprägten degenerativen Veränderungen der Gelenke und der Gelenkkapseln sowie von Bursen und Sehnenscheiden. Symphysen sind für gewöhnlich ausgespart.

BÄNDER

Gelenke zwischen den Wirbeln werden durch zahlreiche Bänder gesichert und verstärkt, die sich zwischen den Corpora vertebrae sowie den Anteilen der Wirbelbögen ausspannen.

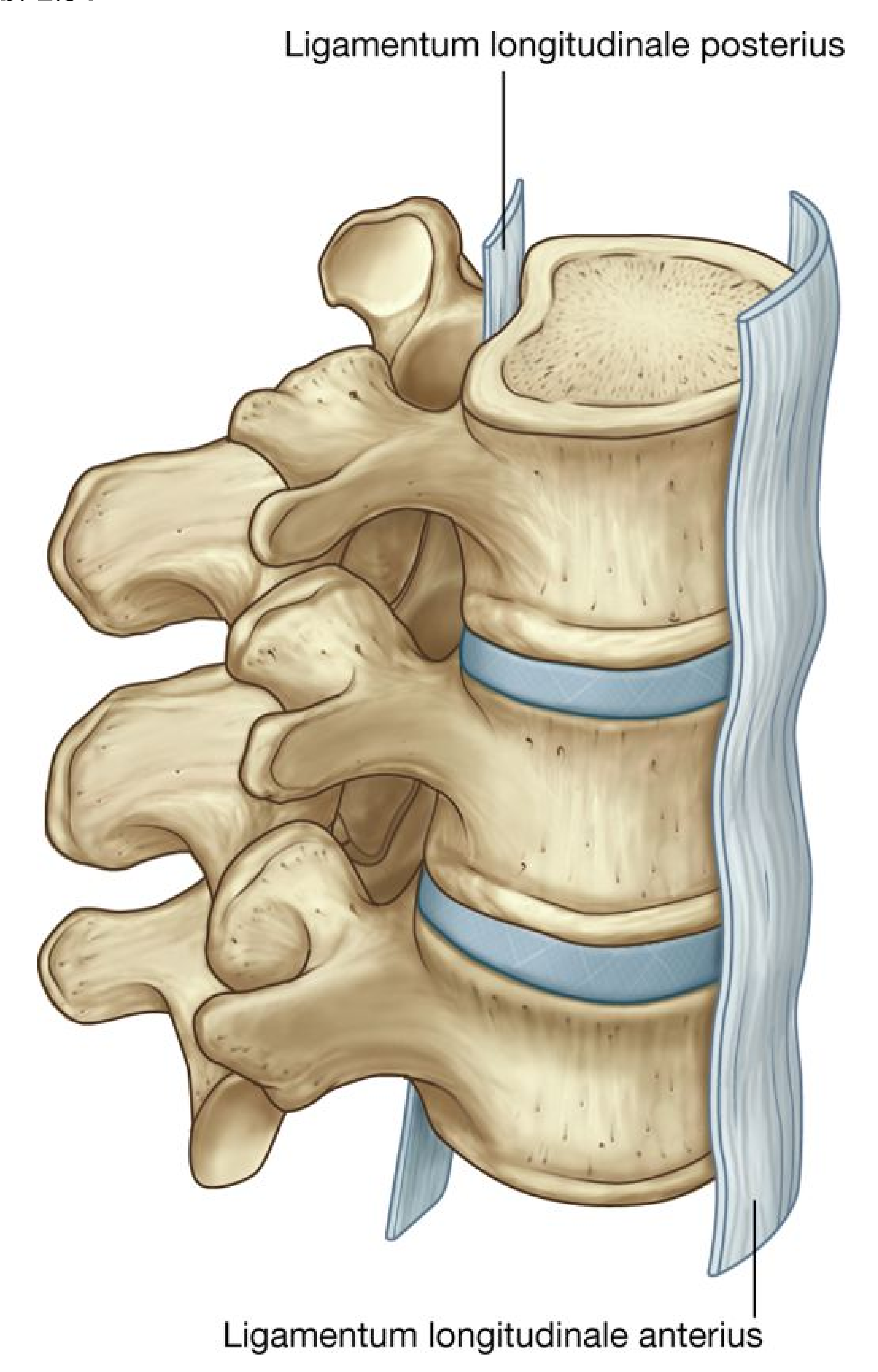
Ligamenta longitudinalia anterius und posterius

Die Ligamenta longitudinalia verlaufen auf der Vorder- und der Rückseite der Corpora vertebrae und erstrecken sich über den größten Teil der Wirbelsäule (Abb. 2.34).

Das **Ligamentum longitudinale anterius** ist kranial am Schädel befestigt und reicht bis auf die Vorderfläche des Os sacrum. Entlang seinem Verlauf ist das Band an der Ventralseite der Corpora vertebrae und Disci intervertebrales befestigt.

Das **Ligamentum longitudinale posterius** liegt auf der Dorsalseite der Corpora vertebrae und kleidet die ventrale Vorderfläche des Canalis vertebralis aus. Wie das Ligamentum longitudinale anterius ist das Band an den Corpora vertebrae und Disci intervertebrales befestigt.

Abb. 2.34



Ligamenta longitudinalia anterius und posterius der Wirbelsäule.

45

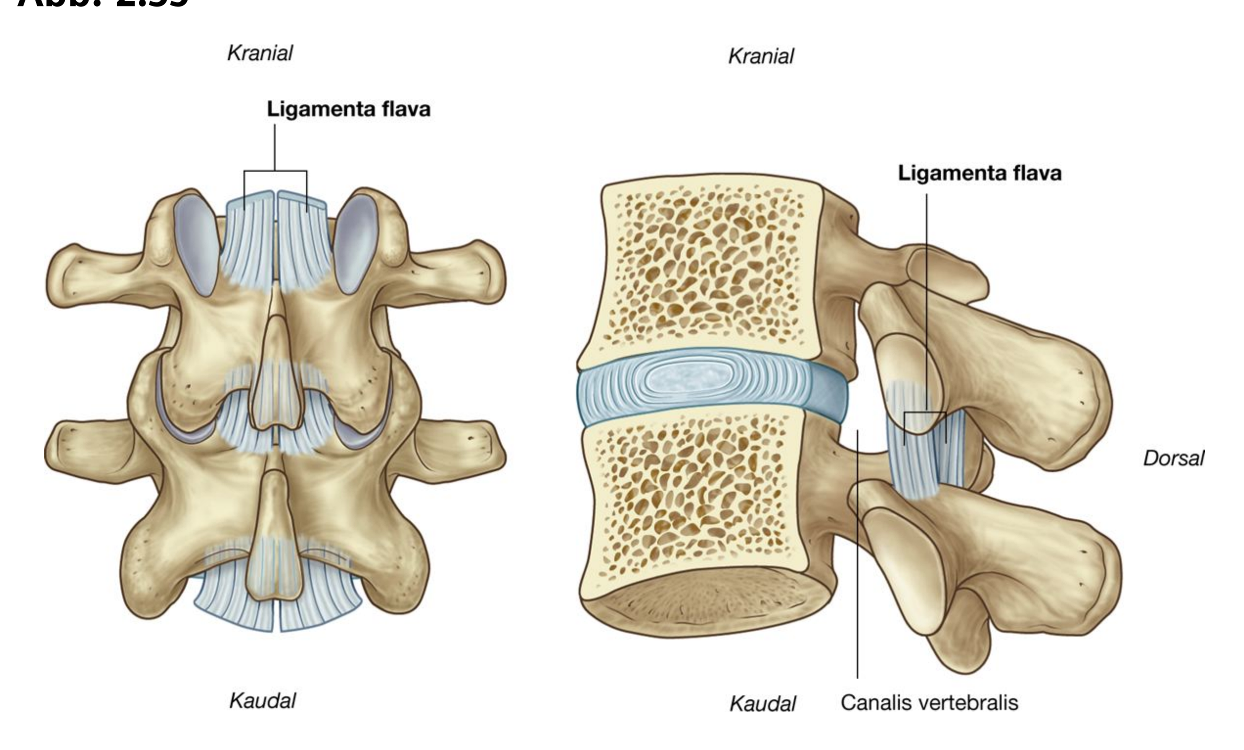
Ligamenta flava

Die **Ligamenta flava** erstrecken sich beidseits jeweils zwischen den Laminae benachbarter Wirbel (Abb. 2.35). Es handelt sich um dünne, breite Bänder, die überwiegend aus elastischen Fasern bestehen und einen Teil der Rückwand des Canalis vertebralis bilden. Jedes Ligamentum flavum verläuft von der Hinterfläche der Lamina arcus vertebrae des unteren Wirbels zur Vorderfläche der Lamina des darüberliegenden Wirbels. Die Ligamenta wirken Flexionsbewegungen elastisch entgegen und unterstützen die Rückführung in die anatomische Position.

Ligamentum supraspinale und Ligamentum nuchae

Das **Ligamentum supraspinale** verbindet die Spitzen der Processus spinosi von C7 bis zum Os sacrum untereinander (Abb. 2.36). Vom siebten Halswirbel (C7) bis zum Schädel unterscheidet sich das Band strukturell von den kaudalen Anteilen des Bandes und wird hier als Ligamentum nuchae bezeichnet.

Abb. 2.35



Ligamenta flava.

Das **Ligamentum nuchae** ist ein dreieckiges, bogenartiges Band, das sich in der Median- und Sagittalebene ausspannt:

- Die Basis des Dreiecks ist am Schädel befestigt und reicht von der Protuberantia occipitalis externa zum Foramen magnum.
- Die Spitze ist am Processus spinosus von C7 befestigt.

- Der tief liegende Rand ist entlang den Processus spinosi von C1 bis C7 fixiert.

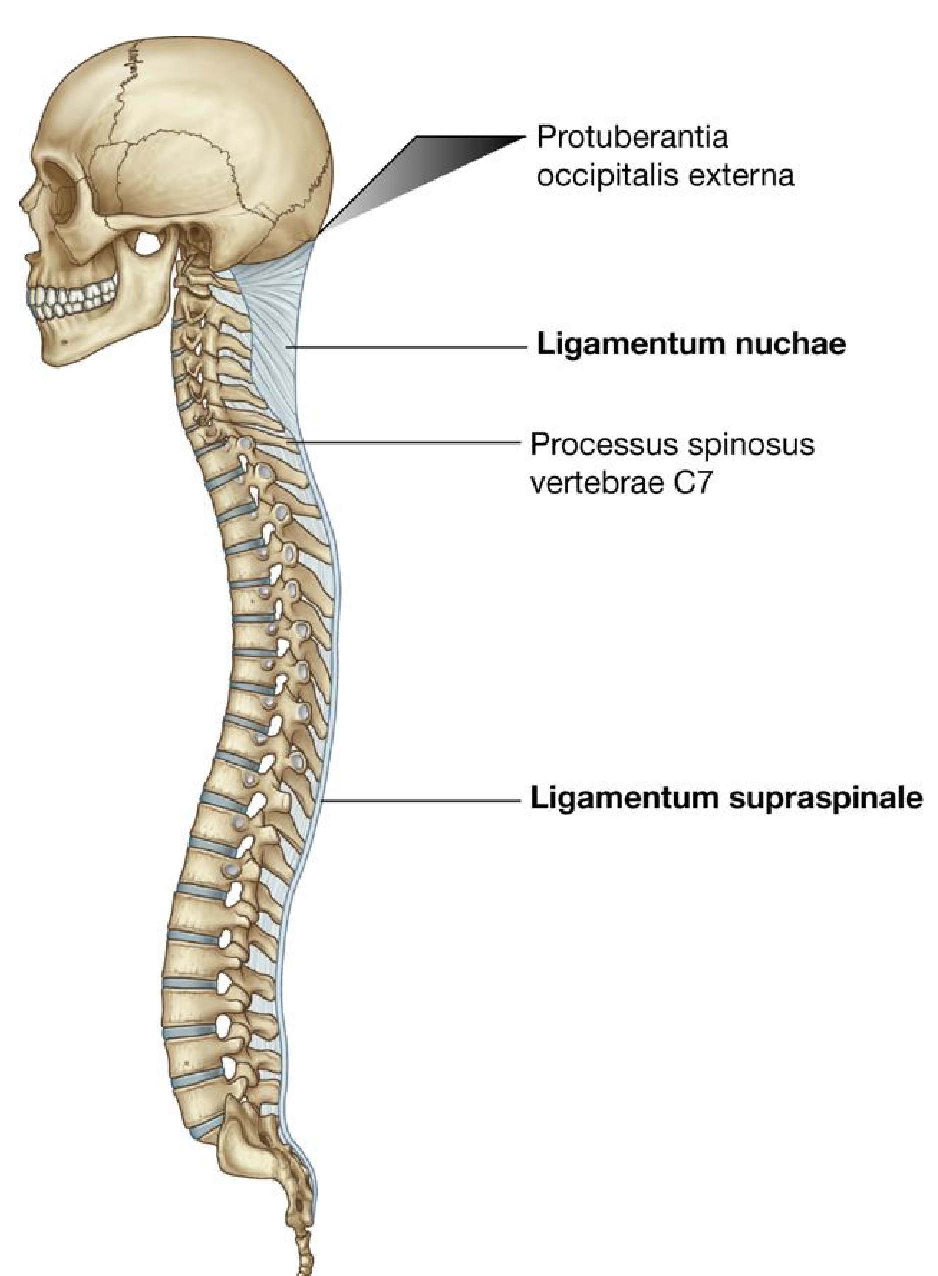
Das Ligamentum nuchae stabilisiert den Kopf. Es wirkt Flexionsbewegungen elastisch entgegen und unterstützt die Rückführung in die anatomische Position. Die breite seitliche Fläche sowie der Hinterrand bilden Ansatzpunkte für benachbarte Muskeln.

Ligamentum interspinale

Die **Ligamenta interspinalia** verlaufen zwischen benachbarten Processus spinosi (Abb. 2.37) jeweils von der Basis zur Spitze eines jeden Processus spinosus und strahlen ventral in die Ligamenta flava und dorsal in das Ligamentum supraspinale ein.

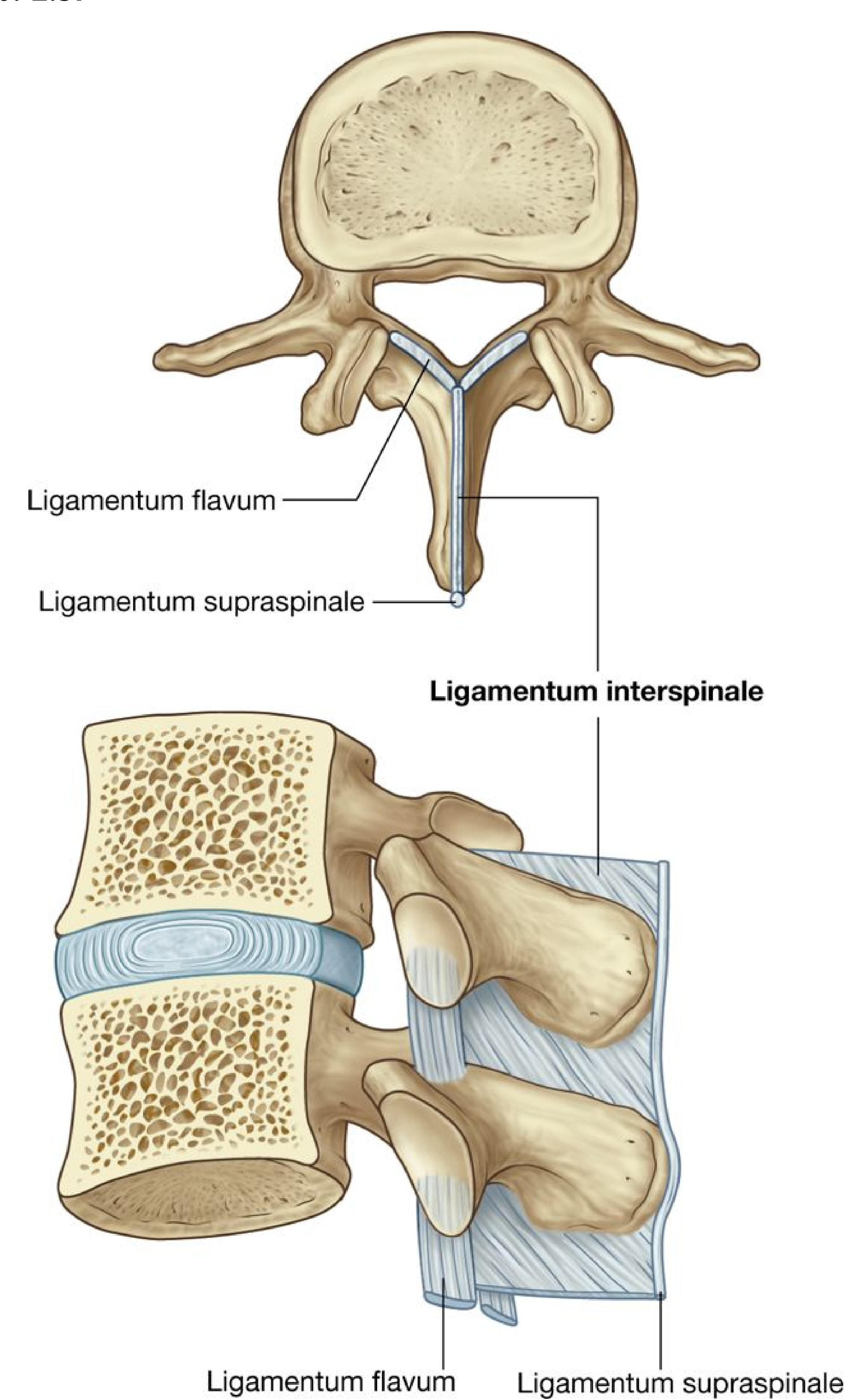
46
47

Abb. 2.36



Ligamentum supraspinale und Ligamentum nuchae.

Abb. 2.37



Ligamenta interspinalia.

Klinik

Ligamenta flava

Die Ligamenta flava sind wichtige Strukturen des Canalis vertebralis. Bei degenerativen Wirbelsäulenveränderungen kann es zu einer Hypertrophie der Ligamenta flava kommen. Diese geht häufig mit Hypertrophie und arthritischen Veränderungen innerhalb der Articulationes zygapophysiales einher. Die Kombination aus Hypertrophie der kleinen Wirbelgelenke, Hypertrophie der Ligamenta flava und leichtem Diskusprolaps kann zur Einengung des Canalis vertebralis führen. Das Auftreten aller drei Veränderungen gemeinsam ist keine Seltenheit und führt zum Krankheitsbild der degenerativen Spinalkanalstenose.

47
48

Klinik

Wirbelfrakturen

Wirbelfrakturen können überall innerhalb der Wirbelsäule vorkommen. Meist heilt die Fraktur unter den gegebenen Umständen. Die Schwere des Traumas wird jedoch akut nicht durch die Fraktur selbst, sondern durch die Zerstörung der Strukturen im benachbarten Spinalkanal und im umgebenden Gewebe bestimmt.

Die Columna vertebralis wird zur Beurteilung der (post) traumatischen Wirbelsäulenstabilität willkürlich in drei klinische Säulen eingeteilt: die **vordere Säule** aus den Corpora vertebrae und dem Ligamentum longitudinale anterius, die **mittlere Säule** aus Corpora vertebrae und Ligamentum longitudinale posterius und die **hintere Säule** aus den Ligamenta flava, interspinalia und supraspinalia bzw. dem Ligamentum nuchae im Zervikalbereich.

Zerstörungen im Bereich einer der Säulen sind normalerweise stabile Verletzungen, die mit körperlicher Ruhe und ausreichender Analgesie behandelt werden. Zerstörungen im Bereich von zwei Säulen sind oder werden oft instabil und müssen fixiert und immobilisiert werden. Eine Verletzung aller drei Säulen führt meist zu ausgeprägten neurologischen Defiziten und erfordert eine ausgedehnte Fixation, um ein weiteres Fortschreiten der neurologischen Defekte zu verhindern und die Stabilität in der Wirbelsäule wiederherzustellen.

Am Übergang von der Halswirbelsäule zum Schädel sichern zahlreiche Bänder die Stabilität. Bei traumatischer Instabilität in diesem Bereich kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu ausgeprägten Rückenmarksverletzungen bis hin zur Tetraplegie. Anfangs stehen jedoch oft die eingeschränkte Atemfunktion durch Lähmung der Nervi phrenici (die aus C3 bis C5 hervorgehen) sowie der stark erniedrigte Blutdruck durch zentrale Zerstörung des sympathischen Anteils der autonomen Divisionen des PNS im Vordergrund.

Mittlere und untere Zerstörungen im Bereich der Halswirbelsäule können zahlreiche komplexe neurologische Symptome verursachen, die die oberen und unteren Extremitäten einbeziehen können. Unterhalb von C5 sind Alterationen, welche die Atmung betreffen, allerdings unwahrscheinlich.

Wirbelverletzungen können auch die Weichgewebe zwischen den Wirbeln betreffen. Typische Beispiele hierfür sind ein- oder beidseitige Dislokationen in den kleinen Wirbelgelenken im Rahmen von Hyperflexionstraumen.

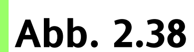


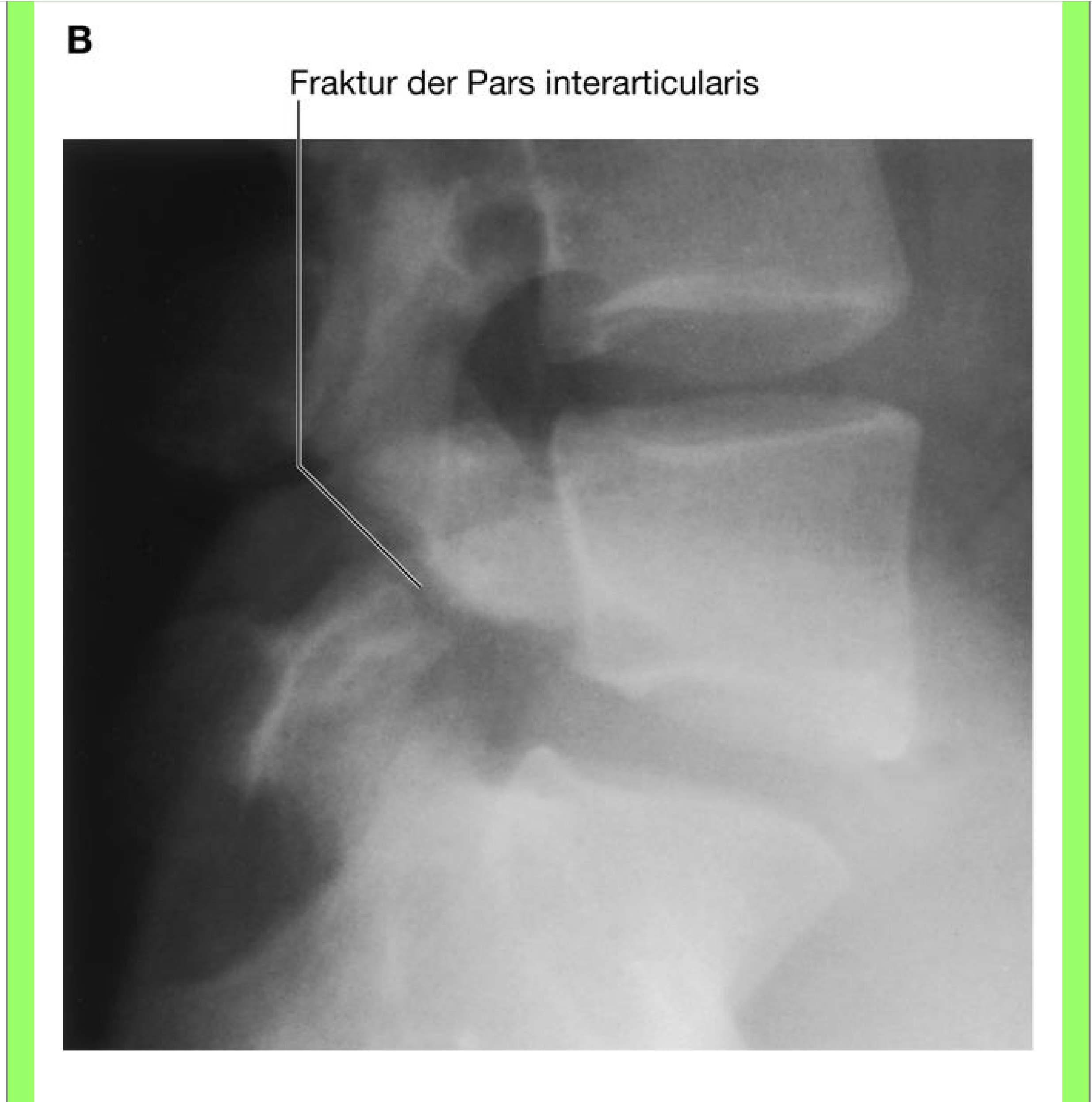
Abb. 2.38

A

Processus articularis superior

Pediculus

Pars interarticularis



Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule, schräge Aufsicht („Scottie dog“). **A**. Normal. **B**. Fraktur der Pars interarticularis.

Auf ähnliche Weise können Läsionen in der Wirbelsäule abhängig von der Höhe des Defekts korrespondierende neurologische Defizite hervorrufen.

Verletzungen der Lendenwirbelsäule sind selten und entstehen durch extrem hohe Krafteinwirkungen. Da eine sehr große Kraft für das Auftreten einer solchen Wirbelverletzung notwendig ist, sollten immer auch die Abdominalorgane und die übrige Wirbelsäule sowie die benachbarten Skelettelemente nach Frakturen und Verletzungen abgesucht werden.

Frakturen der Pars interarticularis

Die Pars interarticularis ist ein klinischer Begriff, der den Wirbelanteil zwischen der oberen und unteren Gelenkfacette der kleinen Wirbelgelenke beschreibt (Abb. 2.38A). Dieser Anteil wird im Rahmen traumatischer Ereignissen leicht geschädigt, insbesondere bei Sportlern.

Bei Frakturen im Bereich der Pars interarticularis kann der Wirbel nach ventral gleiten und den Wirbelkanal einengen. Meist kommen Frakturen der Pars interarticularis bei L4 und L5 vor (Abb. 2.38B).

Außerdem kann sich ein Wirbel ventralwärts über den darunterliegenden Wirbel verlagern, ohne dass eine Fraktur der Pars interarticularis vorliegt. Dies beruht gewöhnlich auf einer veränderten Anatomie der Gelenkfacetten der kleinen Wirbelgelenke oder auf degenerativen Veränderungen. Man spricht in allen Fällen (auch bei der Fraktur der Pars interarticularis) von einer **Spondylolisthesis** (Wirbelgleiten).

RÜCKENMUSKULATUR

Die Muskulatur des Rückens wird in drei Gruppen, eine oberflächliche, eine mittlere und eine tiefe eingeteilt.

Die Muskeln der oberflächlichen und mittleren Gruppe sind sekundär eingewandert (sie stammen embryologisch vonGebieten außerhalb des Rückens ab). Sie werden daher von Rami anteriores (ventrales) der Spinalnerven innerviert:

- Die oberflächliche Gruppe besteht aus Muskeln, die der Bewegung der oberen Extremität dienen.
- Die mittlere Gruppe besteht aus Muskeln, die an den Rippen entspringen und der Atmung dienen.

Die Muskeln der tiefen Gruppe werden als primäre (autochthone) Muskeln bezeichnet, da sie embryologisch im Bereich des Rückens entstanden sind. Sie werden von den Rami posteriores (dorsales) der Spinalnerven innerviert und dienen der Bewegung der Wirbelsäule und des Kopfes.

Oberflächliche Gruppe der Rückenmuskeln

Die oberflächlichen Rückenmuskeln liegen unmittelbar unter der Haut (Abb. 2.39 bis 2.42) und sind von einer eigenen Faszie eingescheidet. Sie verbinden den oberen Anteil des freien Skeletts (Clavicula, Scapula und Humerus) mit dem Achsenskelett (Schädel, Rippen und Wirbelsäule).

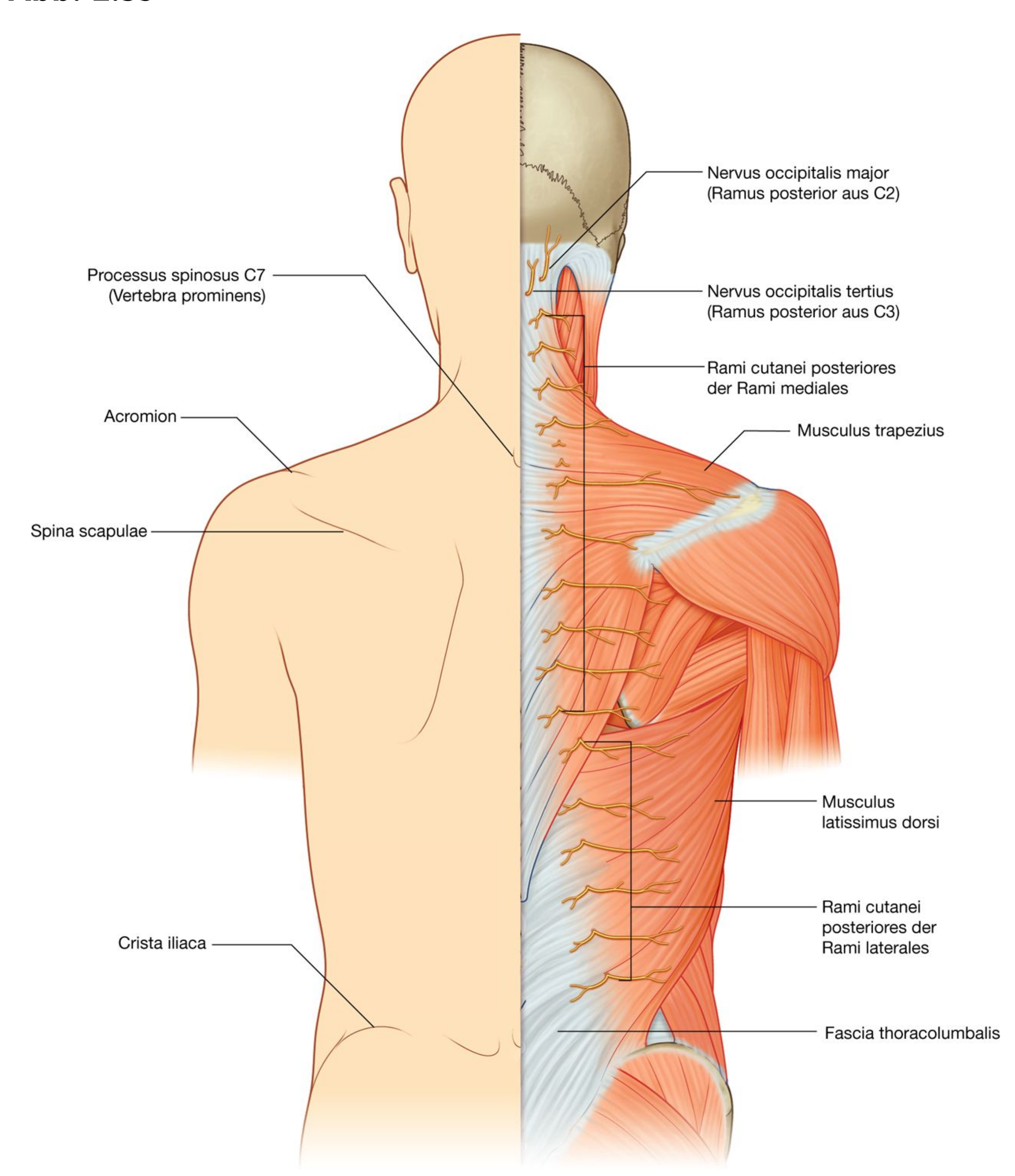
Muskeln der oberflächlichen Gruppe sind die Musculi trapezius, latissimus dorsi, rhomboideus major, rhomboideus minor und levator scapulae. Die Musculi rhomboideus major, rhomboideus minor und levator scapulae liegen unterhalb des Musculus trapezius im kranialen Bereich des Rückens.

Musculus trapezius

Die beiden **Musculi trapezii** sind flach und dreieckig. Die Basis des Dreiecks entspringt an der Wirbelsäule; die Spitze des Dreiecks inseriert an der Schulterspitze (Abb. 2.40 und Tab. 2.1). Gemeinsam haben die Musculi trapezii die Form eines Trapezes.

49
50

Abb. 2.39



Oberflächliche Gruppe der Rückenmuskeln – Musculi trapezius und latissimus dorsi.

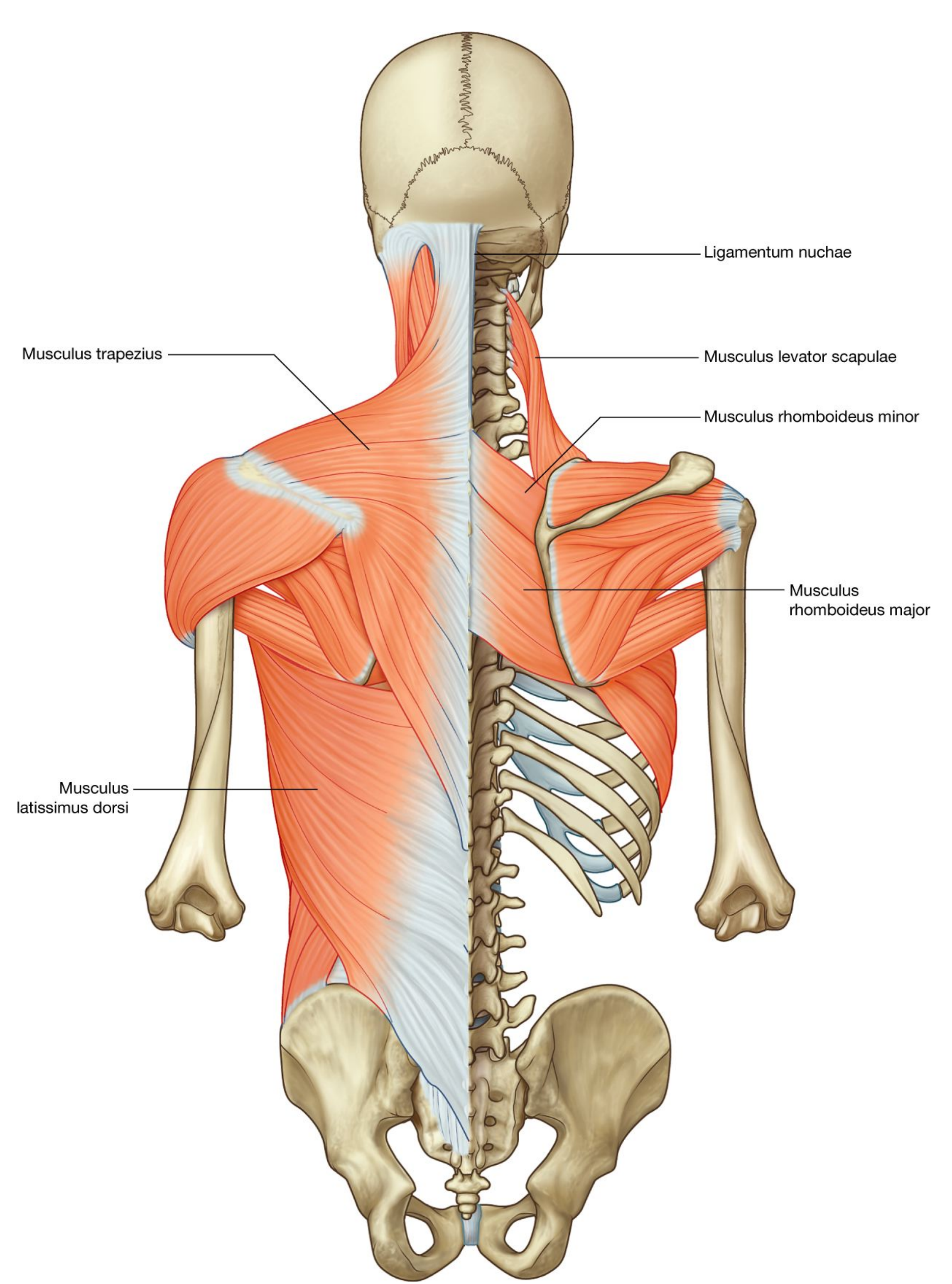
Jeder Muskel besteht aus drei Anteilen. Die Pars descendens entspringt an Linea nuchalis superior und Protuberantia occipitalis des Os occipitale sowie des Ligamentum nuchae. Sie inseriert am lateralen Drittel der Clavicula. Die Pars transversa entspringt an den Processus spinosi (etwa C6 – Th3) und inseriert am Acromion. Die Pars ascendens hat ihren Ursprung an den Processus spinosi (etwa Th4 – Th12) und inseriert an der Spina scapulae. Funktionell drehen Pars descendens und Pars ascendens die Scapula gemeinsam nach lateral-kranial, damit der Arm über die Horizontale eleviert werden kann. Allein verschiebt die Pars descendens die Scapula nach kranial; die Pars transversa verschiebt die Scapula nach medial,

und die Pars ascendens verschiebt sie nach kaudal. Bei Einsatz aller Anteile werden Kopf und Halswirbelsäule zur Gegenseite gedreht. Werden die Muskeln beider Seiten gleichzeitig eingesetzt, kommt es zur Extension der Halswirbelsäule.

50

51

Abb. 2.40



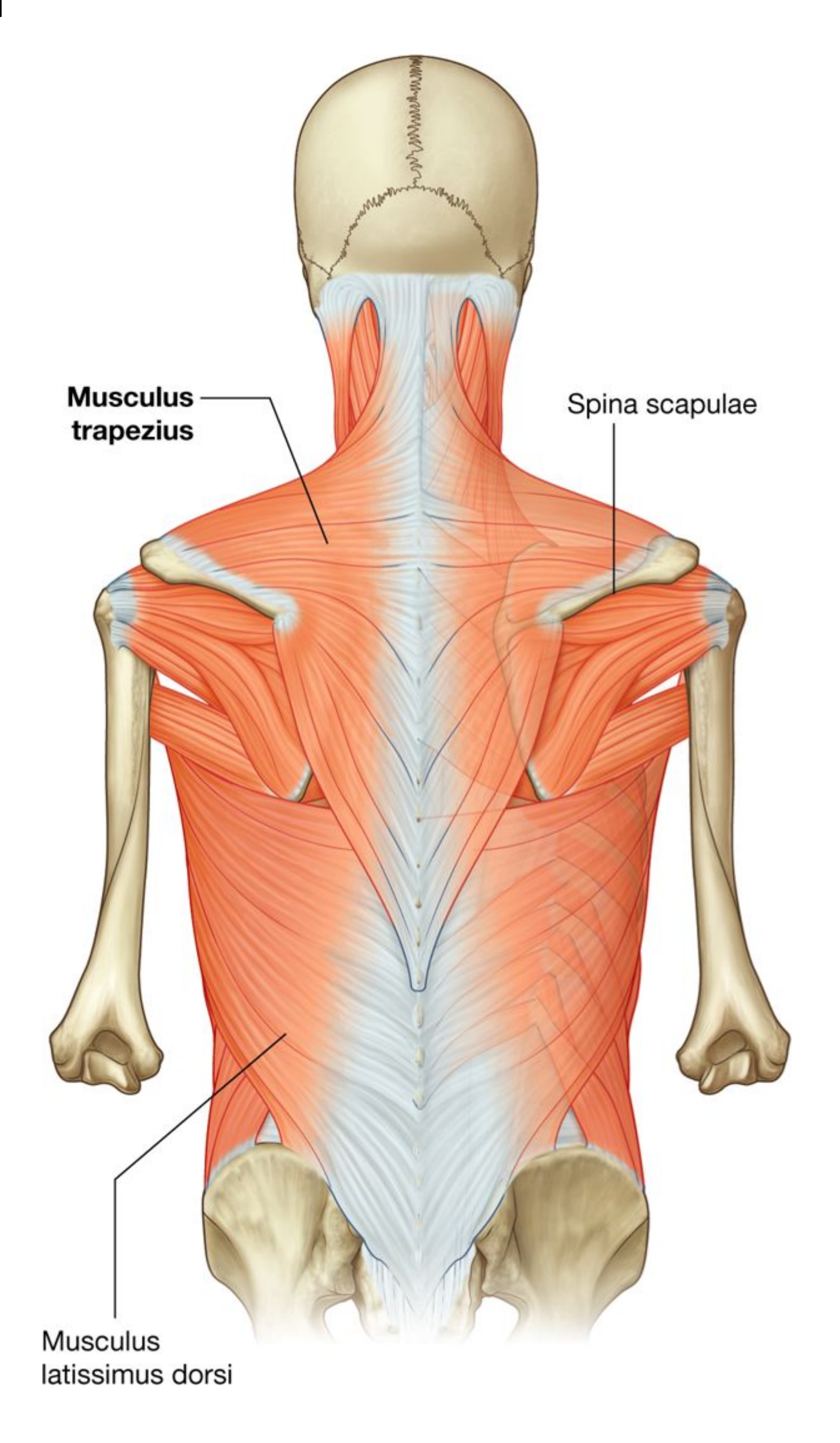
Oberflächliche Gruppe der Rückenmuskeln – Musculi trapezius und latissimus dorsi mit rhomboideus major, rhomboideus minor und levator scapulae, die unterhalb des Musculus trapezius liegen und zur oberflächlichen Muskelgruppe gehören.

51

Die Innervation des Muskels erfolgt über den Ramus externus des Nervus accessorius [XI]. Außerdem verlaufen propriozeptive Fasern vom Musculus trapezius zu Ästen des Plexus cervicalis C3 – C4 (C2). Der Nervus accessorius verläuft unterhalb des Musculus trapezius kaudalwärts (Abb. 2.42).

Die Blutversorgung des Musculus trapezius erfolgt über den Ramus superficialis der Arteria transversa colli (cervicis), den Ramus acromialis der Arteria suprascapularis, Rami dorsales der Arteriae intercostales posteriores sowie aus Ästen der Arteria occipitalis (Pars descendens).

Abb. 2.41



Musculus trapezius.

Musculus latissimus dorsi

Der **Musculus latissimus dorsi** ist ein großer, flacher dreieckiger Muskel, der an den Processus spinosi Th6 – L5 sowie an der Crista sacralis mediana des Os sacrum, der Crista iliaca und den Costae X – XII entspringt. Die Spitze des Dreiecks geht in eine dünne Sehne über, die im proximal-lateralen Abschnitt der Crista tuberculi minoris des Humerus inseriert (Abb. 2.39 bis 2.42 und Tab. 2.1). Funktionell ist der Musculus latissimus dorsi an der Adduktion, Innendrehung und Retroversion im Schultergelenk beteiligt. Er senkt den erhobenen Arm, unterstützt die Streckung in der Lendenwirbelsäule bei Punctum fixum am Humerus und ist ein exspiratorischer Atemhilfsmuskel.

Der Musculus latissimus dorsi wird vom Nervus thoracodorsalis (C6 – C8) aus dem Plexus brachialis innerviert. Gemeinsam mit dem Nerv verläuft die Arteria thoracodorsalis, die die Hauptblutversorgung des Muskels gewährleistet. Zusätzlich wird dem Muskel über Rami dorsales der Arteriae intercostales posteriores und Arteriae lumbales Blut zugeführt.

Musculus levator scapulae

Der **Musculus levator scapulae** ist ein schlanker Muskel, der an den Processus transversi (C1 – C4) der oberen Halswirbelsäule entspringt und am Angulus superior und Margo medialis scapulae bis zur Spina scapulae inseriert (Abb. 2.39 und Tab. 2.1). Er verlagert die Scapula nach kranial und hilft bei der Rückführung des erhobenen Arms in die Ausgangsstellung.

Die Innervation erfolgt über den Nervus dorsalis scapulae, die Blutversorgung aus Ästen der Arteriae cervicalis ascendens, vertebralis und transversa colli.

Musculus rhomboideus minor und Musculus rhomboideus major

Die beiden Musculi rhomboidei liegen kaudal des Musculus levator scapulae (Abb. 2.43 und Tab. 2.1). Der **Musculus rhomboideus minor** liegt kranial des Musculus rhomboideus major. Er ist ein dünner, zylinderförmiger Muskel der am kaudalen Teil des Ligamentum nuchae sowie an den Processus spinosi C8 – Th1 entspringt und am Margo medialis im Bereich der Spina scapulae inseriert.

Der **Musculus rhomboideus major** ist ebenfalls ein dünner, aber etwas breiterer Muskel als der Musculus rhomboideus minor. Er entspringt von den Processus spinosi Th2 – Th5 und inseriert am Margo medialis unterhalb der Spina scapulae.

Funktionell wirken die beiden Muskeln zusammen. Sie verlagern die Scapula nach kranial-medial, helfen bei der Rückführung des erhobenen Arms mit und drehen den Angulus inferior der Scapula nach medial.

52

Die Innervation erfolgt wie für den Musculus levator scapulae über den Nervus dorsalis scapulae (Abb. 2.44). Die Blutversorgung kommt aus dem Ramus descendens des Ramus superficialis und Ramus profundus der Arteria transversa colli sowie aus den Arteriae intercostales posteriores.

53

Tab. 2.1 Oberflächliche Gruppe der Rückenmuskeln

Muskel	Teil	Ursprung	Insertion	Innervation	Funktion
Musculus trapezius	Pars descendens Pars transversa Pars ascendens	Linea nuchalis superior, Protuberantia occipitalis externa, Ligamentum nuchae, Processus spinosi C2–Th12	Laterales Drittel der Clavicula Acromion Spina scapulae	Nervus accessorius [XI] und Plexus cervicalis C3 und C4 (Propriozeption)	Hilft beim Rotieren der Scapula bei der Elevation des Arms über die Horizontale, Pars descendens verschiebt die Scapula nach kranial, Pars transversa verschiebt die Scapula nach medial, Pars ascendens verschiebt die Scapula nach kaudal, einseitige Aktivität dreht Kopf und Halswirbelsäule zur Gegenseite, beidseitige Aktivität führt zur Extension in der Halswirbelsäule
Musculus latissimus dorsi		Processus spinosi Th6–L5 sowie Crista sacralis mediana des Os sacrum, Crista iliaca, Costae X–XII	Proximal-lateraler Abschnitt der Crista tuberculi minoris	Nervus thoracodorsalis C6–C8	Adduktion, Innendrehung und Retroversion im Schultergelenk, Senken des erhobenen Arms, Atemhilfsmuskel (Exspiration), Unterstützung der Streckung in der Lendenwirbelsäule bei Punctum fixum am Humerus
Musculus levator scapulae		Processus transversi C1–C4	Angulus superior und Margo medialis scapulae bis Spina scapulae	Nervus dorsalis scapulae C3–C5 (C2)	Verlagerung der Scapula nach kranial, Mithilfe bei der Rückführung des erhobenen Arms

Musculus rhomboideus major	Processus spinosi Th2–Th5	Margo medialis unterhalb der Spina scapulae	Nervus dorsalis scapulae C4–C5	Verlagerung der Scapula nach kranial-medial, Mithilfe bei der Rückführung des erhobenen Arms, Drehung des Angulus inferior der Scapula nach medial
Musculus rhomboideus minor	Kaudaler Teil des Ligamentum nuchae, Processus spinosi C8–Th1	Margo medialis im Bereich der Spina scapulae		

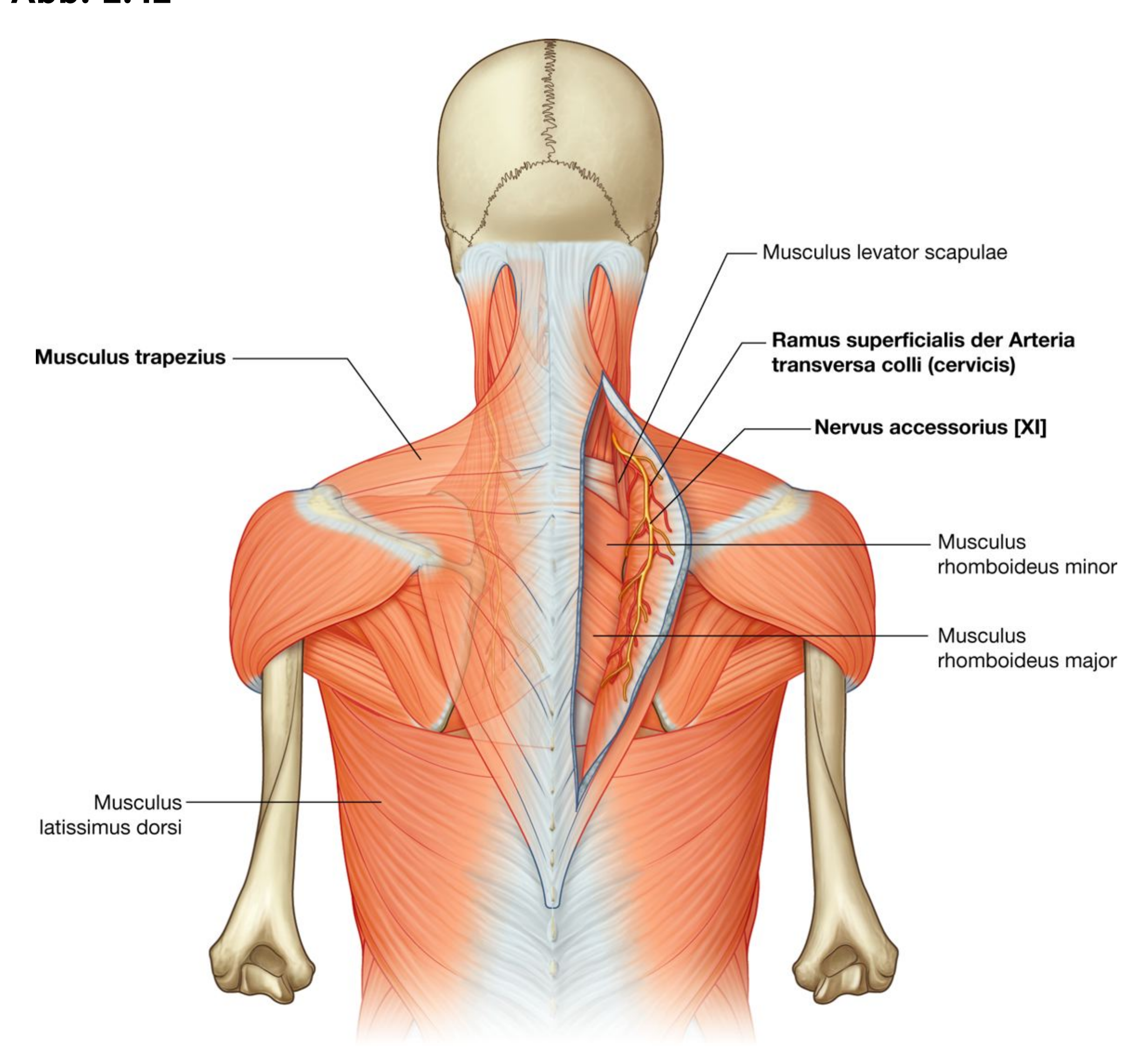
Mittlere Gruppe der Rückenmuskeln

Die mittlere Gruppe der Rückenmuskeln besteht aus jeweils zwei dünnen Muskelplatten im kranialen und im kaudalen Bereich des Rückens, die unmittelbar unterhalb der oberflächlichen Muskelgruppe liegen (Abb. 2.45). Es handelt sich dabei um die paarig angeordneten Musculi serrati posteriores (**Musculus serratus posterior superior** und **Musculus serratus posterior inferior**). Sie entspringen an der Wirbelsäule, verlaufen schräg und inserieren an den Rippen. Die Anordnung deutet auf eine Beteiligung an der Atmung hin, weswegen die Muskeln oft auch als „Respirationsgruppe“ bezeichnet werden.

Der Musculus serratus posterior superior liegt unterhalb der Musculi rhomboidei, der Musculus serratus posterior inferior unterhalb des Musculus latissimus dorsi (Tab. 2.2). Der Musculus serratus posterior superior entspringt mit einer langen Aponeurose von den Processus spinosi C6 – Th11 sowie vom Ligamentum nuchae. Er zieht schräg nach lateral kaudal und inseriert an den Costae II – VI (V). Funktionell hebt er die oberen Rippen an und unterstützt als Atemhilfsmuskel die Inspiration. Der Musculus serratus posterior inferior entspringt über die Lamina superficialis der Fascia thoracolumbalis an den Processus spinosi der Wirbel Th11 – L2 (Lamina superficialis der Fascia thoracolumbalis – siehe unten). Er verläuft schräg aufsteigend und inseriert an den Costae IX – XII. Funktionell erweitert er als Atemhilfsmuskel die untere Thoraxapertur und stabilisiert die unteren Rippen bei der Kontraktion der Pars costalis diaphragmatis.

53
54

Abb. 2.42



Innervation und Blutversorgung des Musculus trapezius.

Tab. 2.2 Mittlere Gruppe der Rückenmuskeln

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus serratus posterior superior	Unterer Anteil des Ligamentum nuchae, Processus spinosi C6–Th2 und entsprechende Ligamenta supraspinalia	Oberrand der Costae II – V etwas lateral der Anguli costarum	Nervi intercostales Th1–4 (Nervus cervicalis VIII)	Anheben der oberen Rippen (Atemhilfsmuskel bei Inspiration)
Musculus serratus posterior inferior	Fascia thoracolumbalis, Processus spinosi Th11–L3 und entsprechende Ligamenta supraspinalia	Unterrand der Costae IX–XII etwas lateral der Anguli costarum	Nervi intercostales Th9–12	Erweitert die untere Thoraxapertur, Stabilisation der unteren Rippen für Kontraktion der Pars costalis diaphragmatis (Atemhilfsmuskel bei Inspiration)

54

55

Abb. 2.43

Musculi rhomboidei und Musculus levator scapulae.

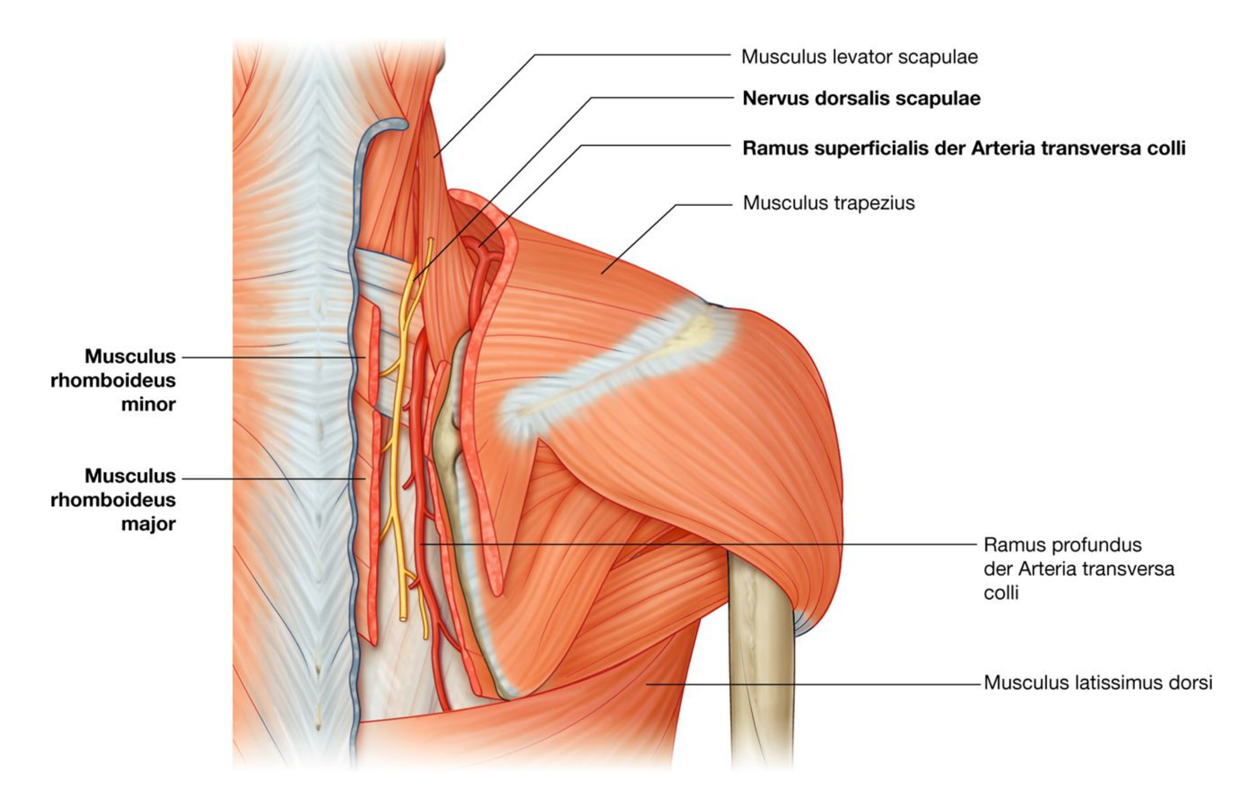
Beide Musculi serrati posteriores werden von Nervi intercostales innerviert (Musculus serratus posterior superior von den Nervi intercostales I – IV sowie manchmal vom Nervus cervicalis VII; Musculus serratus posterior inferior von den Nervi intercostales IX – XII). Die Blutversorgung erfolgt über Arteriae intercostales posteriores und Arteria cervicalis profunda zum oberen Musculus serratus posterior und über Arteriae intercostales posteriores zum unteren Musculus serratus posterior.

Tiefe Gruppe der Rückenmuskeln

Die tiefe Gruppe der Rückenmuskeln, die autochthonen Muskeln, erstrecken sich vom Becken bis zum Schädel und werden segmental von Rami dorsales der Spinalnerven innerviert. Sie umfassen

55
56

Abb. 2.44



Innervation und Blutversorgung der Musculi rhomboidei.

- Extensoren und Rotatoren von Kopf und Hals – die Musculi splenius capitis und splenius cervicis (Musculi spinotransversales);
- Extensoren und Rotatoren der Wirbelsäule – den Musculus erector spinae und die Musculi transversospinales;
- kurze segmentale Muskeln – die Musculi interspinales und intertransversarii.

Die Gefäßversorgung zur tiefen Gruppe erfolgt über Äste der Arteriae vertebrales, cervicales profunda, occipitales, cervicales transversae, intercostales posteriores, subcostales, lumbales und sacrales laterales.

Fascia thoracolumbalis

Die **Fascia thoracolumbalis** bedeckt die tiefen Muskeln von Rücken und Stamm (Abb. 2.46). Die Faszie ist für den Aufbau und die Integrität der gesamten Rückenregion von Bedeutung:

- Kranial reicht die Faszie bis zum Musculus serratus posterior superior und geht kontinuierlich in die Lamina superficialis der Fascia colli über.
- Im Thorakalbereich bedeckt sie die tiefen Muskeln und trennt sie von den oberflächlichen und mittleren Muskelgruppen des Rückens.
- Medial ist sie an den Processus spinosi der Brustwirbel und lateral an den Anguli costarum fixiert.

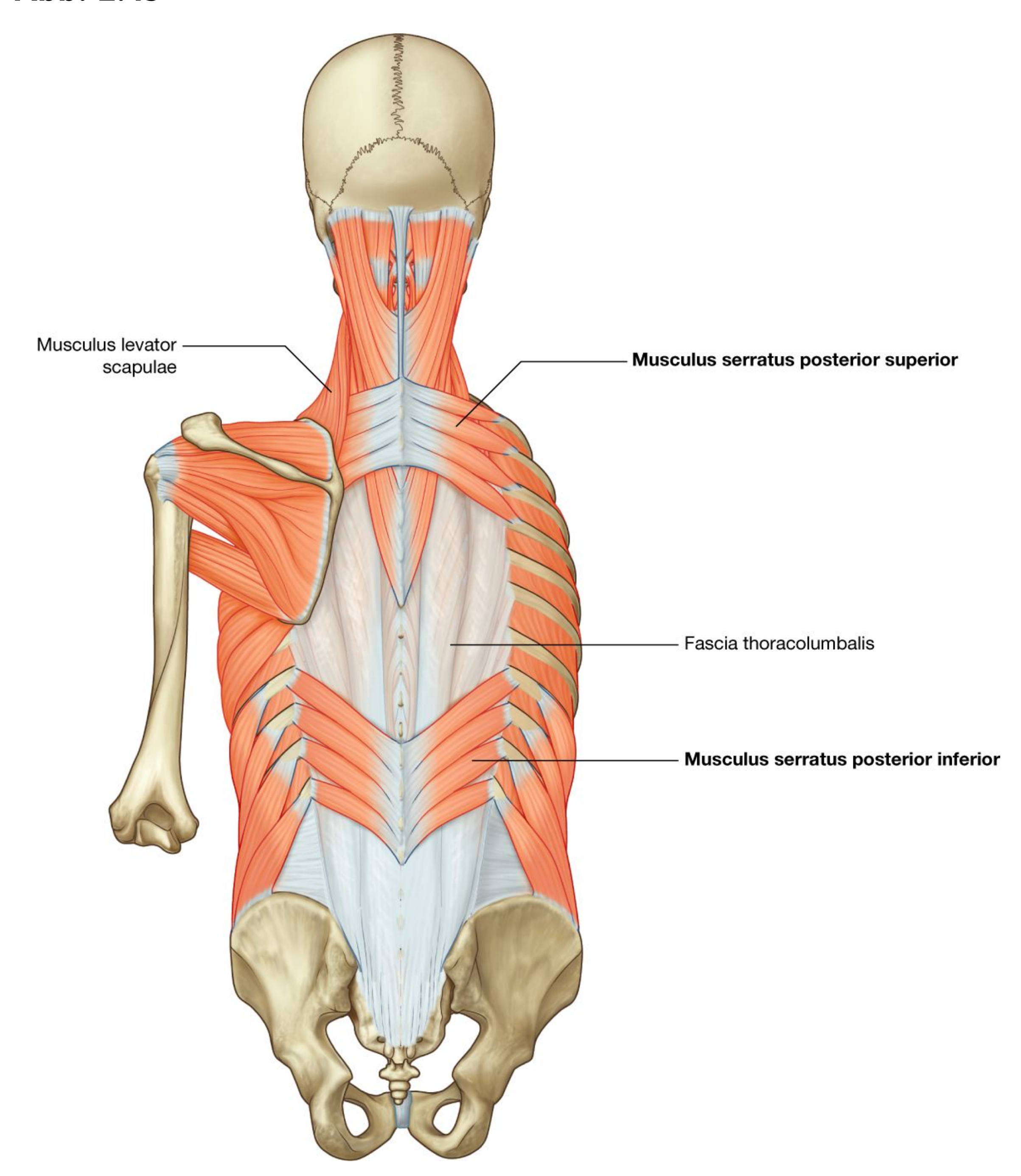
Musculus latissimus dorsi und Musculus serratus posterior inferior entspringen teilweise von der Fascia thoracolumbalis. Im Lumbalbereich besteht die Faszie aus drei Schichten:

- Die Lamina posterior (Lamina superficialis, dorsales Blatt) ist dick und an den Processus spinosi der Lumbalwirbel, Sakralwirbel sowie an den Ligamenta supraspinalia fixiert – von hier dehnt sie sich nach lateral aus und bedeckt den Musculus erector spinae.
- Die Lamina media (mittleres Blatt) ist medial an den Spitzen der Processus transversi der Lumbalwirbel und Ligamenta intertransversaria befestigt – kaudal ist sie an der Crista iliaca und kranial am Unterrand der zwölften Rippe fixiert.
- Die Lamina anterior (Lamina profunda, ventrales Blatt) bedeckt die Vorderfläche des Musculus quadratus lumborum (Muskel der hinteren Abdominalwand) und ist medial an den Processus transversi der Lumbalwirbel fixiert – kaudal erfolgt die Befestigung an der Crista iliaca, kranial bildet die ventrale Schicht das Ligamentum arcuatum laterale (Quadratusarkade) zur Befestigung des Zwerchfells.

Die dorsale und mittlere Schicht der Fascia thoracolumbalis verschmelzen am lateralen Rand des Musculus erector spinae (Abb. 2.46). Am lateralen Rand des Musculus quadratus lumborum schließt sich ihnen die ventrale Schicht an und bildet den aponeurotischen Ursprung für den Musculus transversus abdominis der Bauchwand.

56
57

Abb. 2.45



Mittlere Gruppe der Rückenmuskeln – Musculi serrati posteriores.

Spinotransversales System

Zum spinotransversalen System der tiefen Rückenmuskeln gehören der Musculus splenius capitis und der Musculus splenius cervicis. Beide kommen von den Processus spinosi und vom Ligamentum nuchae und ziehen schräg nach lateral und kranial (Abb. 2.47 und Tab. 2.3):

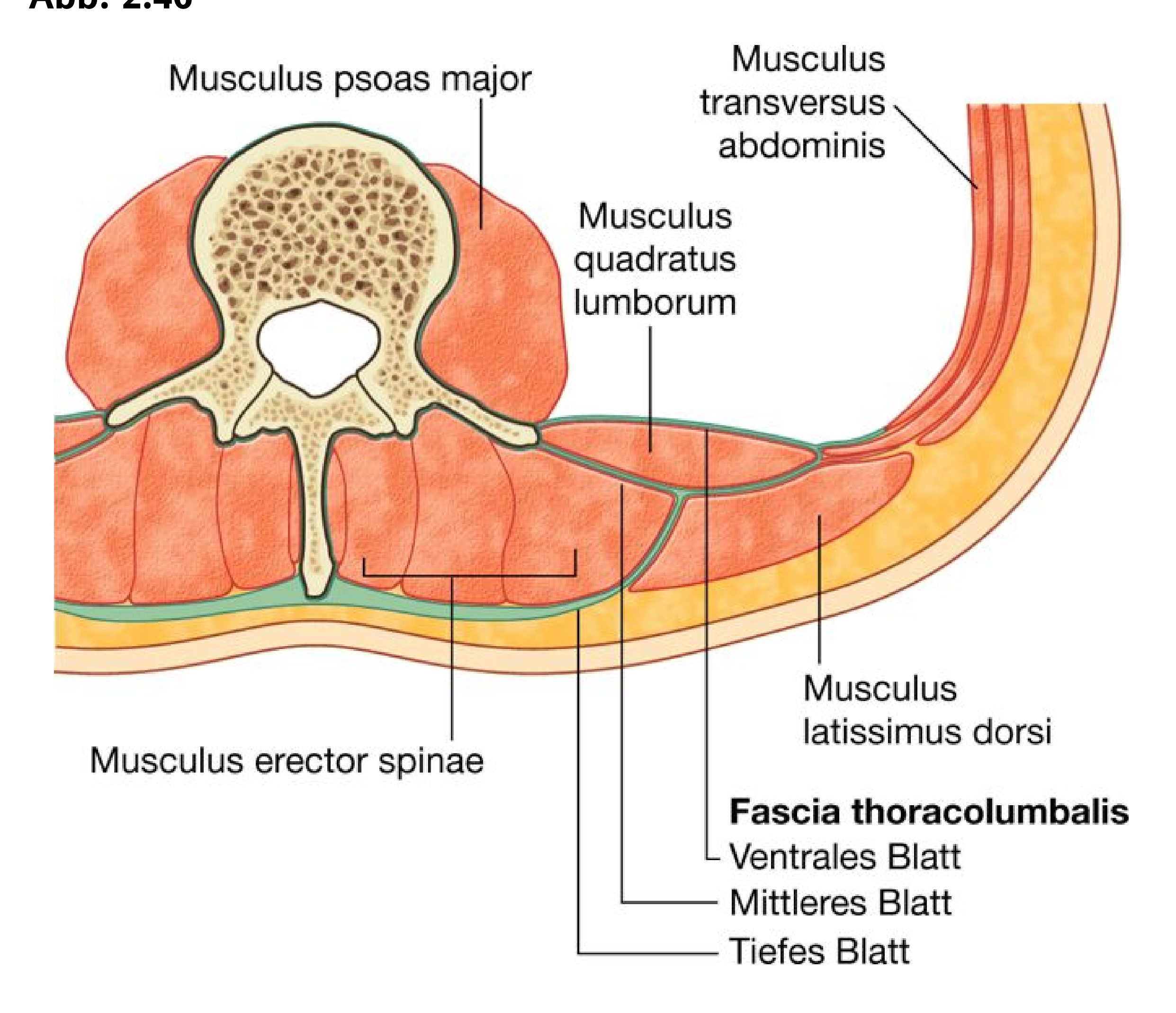
- Der Musculus splenius capitis ist ein breiter Muskel. Er inseriert am Os occipitale und am Processus mastoideus des Os temporale.

- Der Musculus splenius cervicis ist ein schmaler Muskel. Er inseriert an den Processus transversi der oberen Halswirbel.

Funktionell ziehen die Muskeln beider Seiten den Kopf und die Halswirbelsäule nach dorsal (Reklination). Bei einseitiger Aktivität werden Kopf und Halswirbelsäule auf die ipsilaterale Seite geneigt und gedreht. Die Innervation erfolgt für beide Muskeln aus Rami laterales der Rami dorsales der Spinalnerven C2 – C5; die Blutversorgung kommt aus Ästen der Arteriae occipitalis, cervicalis profunda und vertebralis.

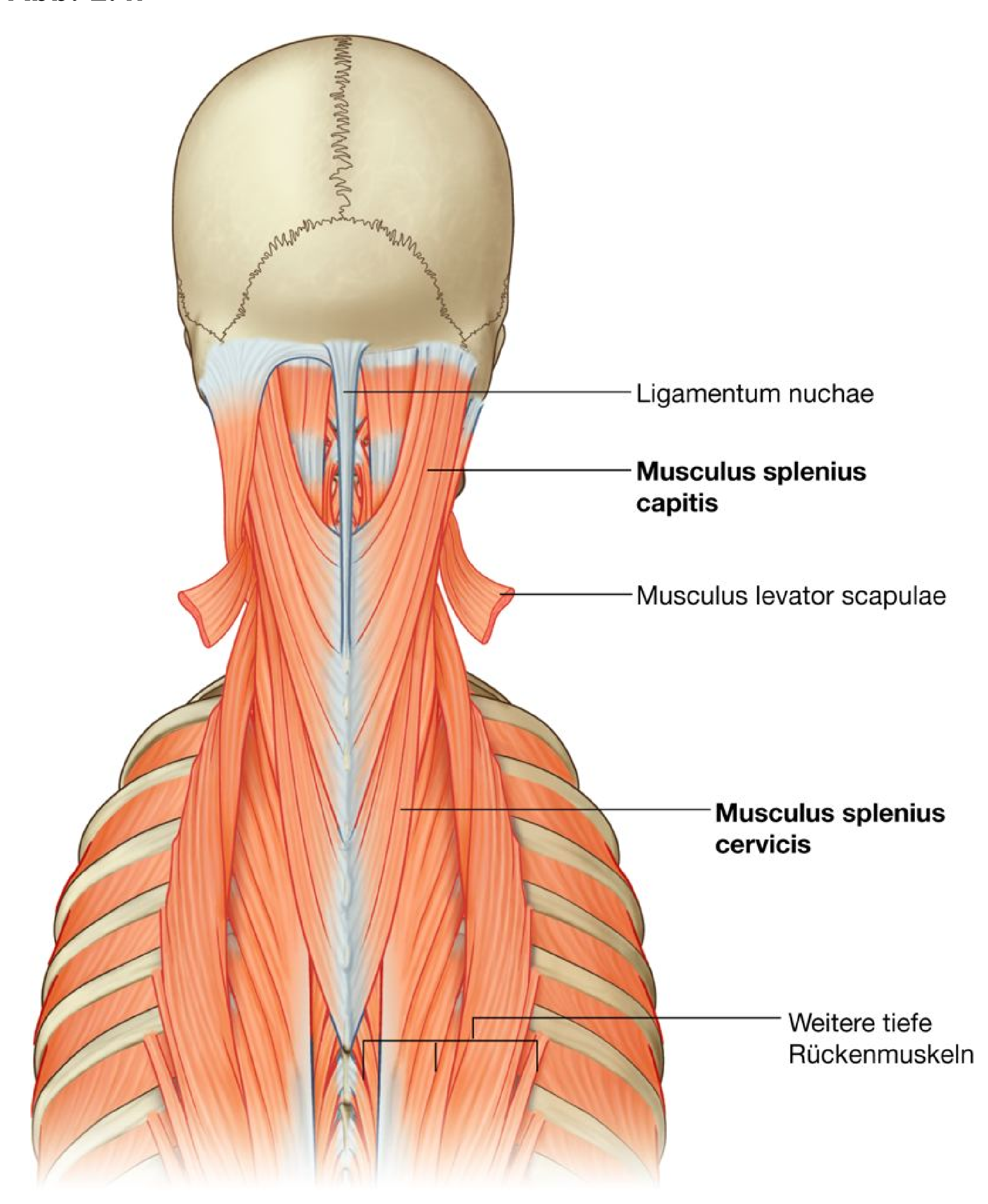
57
58

Abb. 2.46



Fascia thoracolumbalis und tiefe Rücken-muskulatur (Horizontalschnitt).

Abb. 2.47



Tiefe Gruppe der Rückenmuskeln – spinotransversales System (Musculi splenius capitis und splenius cervicis).

Musculus erector spinae

Der Musculus erector spinae umfasst als Sammelbegriff die größte Gruppe autochthoner Rückenmuskeln. Die Muskeln liegen dorsolateral der Wirbelsäule zwischen den medial gelegenen Processus spinosi und den lateral gelegenen Anguli costarum. Sie werden im

Thorakal- und Lumbalbereich von der Fascia thoracolumbalis, im Zervikalbereich von der Fascia prevertebralis (tiefe Halsfaszie) sowie von den Musculi serrati posteriores inferior und superior, rhomboidei major und minor sowie splenii cervicis und capitis bedeckt. Der größte Teil der Muskeln entspringt als breite, dicke Sehne vom Os sacrum, von den Processus spinosi der Lumbal- und unteren Thorakalwirbel sowie der Crista iliaca (Abb. 2.48 und Tab. 2.4). Im Lumbalbereich teilen sich die aus der Sehne hervorgehenden Muskeln in drei vertikale Muskelsäulen auf. Jede Muskelsäule wird weiter regional unterteilt in einen lumbalen, thorakalen, zervikalen und kapitalen Anteil, abhängig davon, wo der jeweilige Muskel kranial inseriert.

58

59

Tab. 2.3 Spinotransversales System

Muskel	Ursprung	Insertion	Innervation	Funktion
Musculus splenius capitis	Untere Hälfte des Ligamentum nuchae, Processus spinosi C7–Th4	Processus mastoideus, Linea nuchalis superior	Rami laterales C2 – C5 der Rami posteriores (dorsales) der Nervi spinales	Reklination des Kopfes und der Wirbelsäule, Seitneigung und leichte Rotation der Wirbelsäule
Musculus splenius cervicis	Processus spinosi Th3–Th6	Tubercula posteriora der Processus transversi C1–C3		Rückneigung, Seitneigung und Drehen der Halswirbelsäule

Tab. 2.4 Musculus erector spinae

Muskel	Ursprung	Ansatz
Musculus iliocostalis lumborum	Crista sacralis lateralis, Processus spinosi Th11 – L5 sowie entsprechende Ligamenta supraspinalia, Fascia thoracolumbalis, Crista iliaca	Anguli costarum VII – XII, Processus costales L1 – L3, Fascia thoracolumbalis (Lamina anterior)
Musculus iliocostalis thoracis	Anguli costarum VII – XII	Anguli costarum I – VI, Processus transversus C7
Musculus iliocostalis cervicis	Anguli costarum III – VI	Processus transversi C4 – C6
Musculus longissimus thoracis	Verschmilzt im Lumbalbereich mit dem Musculus iliocostalis, Processus spinosi Th5 – L5, Processus transversi Th7 – L2	Processus transversi Th1 – Th12, Anguli costarum II – XII, Fascia thoracolumbalis (Lamina anterior)
Musculus longissimus cervicis	Processus transversi C5 – Th6	Processus transversi C2 – C6
Musculus longissimus capitis	Processus transversi C3 – Th3	Processus mastoideus
Musculus spinalis thoracis	Processus transversi Th10 – L3	Processus spinosi Th2 – Th8
Musculus spinalis cervicis	Processus transversi C6 – Th2	Processus spinosi C2 – C4
Musculus spinalis capitis	Processus transversi C6 – Th2, Processus articulares C4–C7	Inseriert gemeinsam mit dem Musculus semispinalis capitis am Os occipitale zwischen Linea nuchalis superior und Linea nuchalis inferior

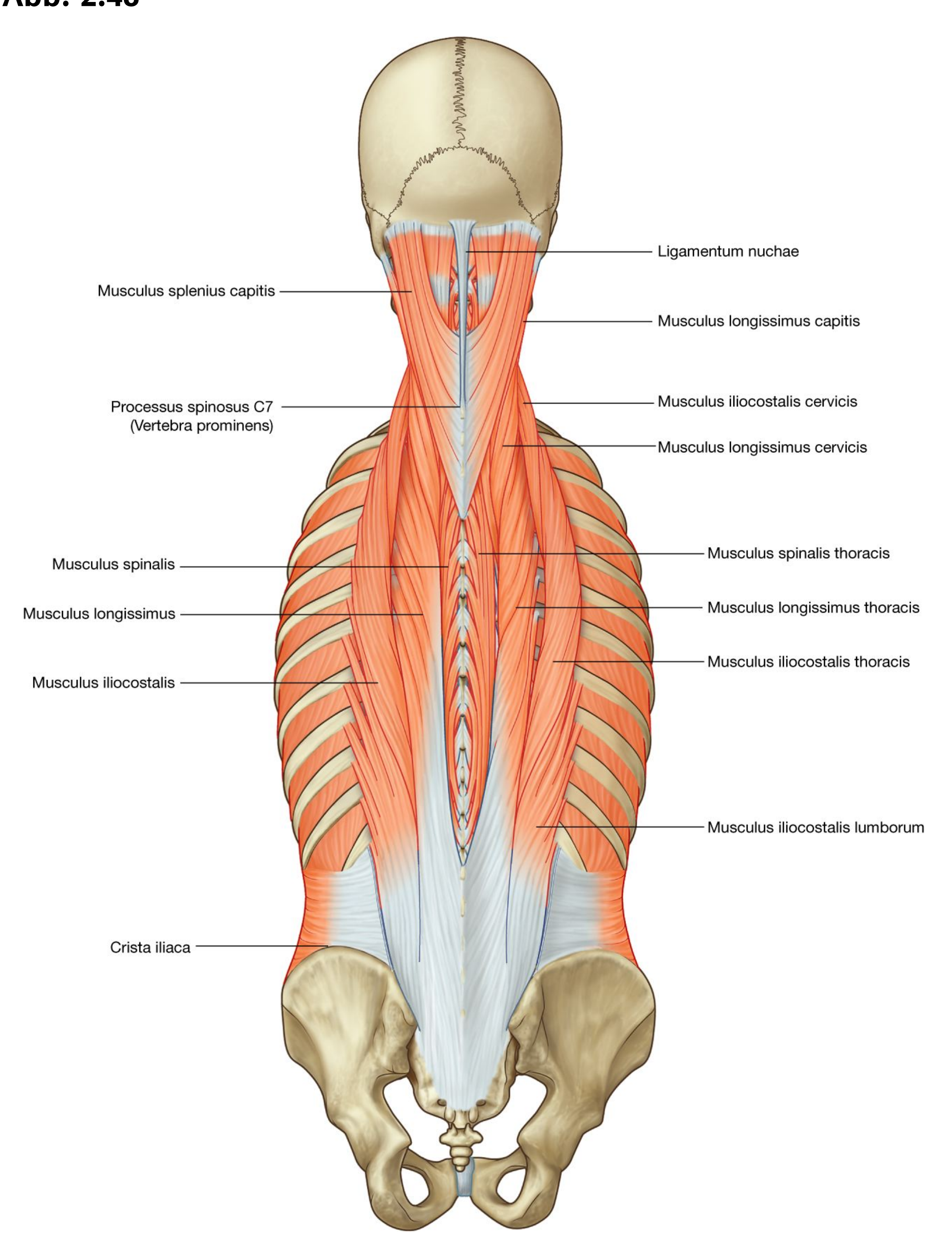
- Die am weitesten lateral oder außen gelegene Muskelsäule des Musculus erector spinae ist der **Musculus iliocostalis**. Er geht aus der gemeinsamen Ursprungssehne hervor und besitzt multiple Insertionen an den Anguli costarum sowie den Processus transversi der unteren Halswirbel.
- Die mittlere Muskelsäule wird vom **Musculus longissimus** gebildet. Er ist der größte Muskel des Musculus erector spinae und erstreckt sich von der gemeinsamen Ursprungssehne bis zur Schädelbasis. Entlang seiner gesamten Ausdehnung inseriert er an den Processus transversi verschiedenster Wirbel.
- Die am weitesten medial oder innen gelegene Muskelsäule des Musculus erector spinae ist der **Musculus spinalis**. Er ist der schmalste der drei Muskeln und verbindet die Processus spinosi benachbarter Wirbel. Der Musculus spinalis kommt konstant in der Brustwirbelsäule vor, fehlt aber meist in der Halswirbelsäule, da er in Schädelnähe mit dem tiefer gelegenen Musculus semispinalis capitis verschmilzt.

Die Muskelanteile des Musculus erector spinae sind die primären Strecker der Wirbelsäule. Sie reklinieren Kopf, Hals und die gesamte Wirbelsäule und neigen die Wirbelsäule bei einseitiger Betätigung zur Seite. Die oberen Anteile helfen, den Kopf zur ipsilateralen Seite zu neigen und zu drehen. Die Muskeln wirken bei der Kontrolle der Körperhaltung durch koordinierte Kontraktion und Erschlaffung bei nahezu allen komplexeren Bewegungen mit, wie Gehen oder Aufstehen aus der liegenden Position. Die Innervation erfolgt über Rami posteriores (dorsales) der Spinalnerven; Blut wird ebenfalls segmental über Rami dorsales der Arteriae intercostales posteriores und lumbales sowie im Halsbereich über Arteriae occipitalis, vertebralis und cervicalis profunda geliefert.

59

59
60

Abb. 2.48



Tiefe Gruppe der Rückenmuskeln – Musculus erector spinae.

60
61

Transversospinales System

Das transversospinale Muskelsystem verläuft schräg von den Processus transversi nach medial aufwärts zu den Processus spinosi. Dabei füllt es die Rinne zwischen den beiden Fortsätzen

aus (Abb. 2.49 und Tab. 2.5). Die Muskeln liegen tief unter dem Musculus erector spinae und bestehen aus drei Gruppen – den Musculi semispinalis, multifidus und rotatores.

- Die **Musculi semispinales** sind die oberflächlichsten Muskeln des transversospinalen Systems. Sie reichen von der unteren Thorakalregion bis zum Schädel. Dabei über-brücken die Muskeln zwischen Ursprung und Ansatz jeweils vier bis sechs Wirbel.
- Tief unter den Musculi semispinales liegt der **Musculus multifidus**, der die zweite Muskelgruppe des transversospinalen Systems bildet. Die Muskeln des Musculus multifidus findet man entlang der gesamten Wirbelsäule. Sie sind im Lumbalbereich besonders kräftig ausgebildet. Sie entspringen jeweils im lateralen Bereich an verschiedenen Punkten, überbrücken zwei bis vier Wirbel und inserieren medial an den Processus spinosi.
- Die kurzen **Musculi rotatores** sind die am tiefsten gelegenen Muskeln des transversospinalen Systems. Sie kommen entlang der gesamten Wirbelsäule vor, sind aber im Thorakalbereich am kräftigsten ausgebildet. Sie entspringen an den Processus transversi, überspannen zwei Wirbel (Musculi rotatores longi) oder ziehen zum benachbarten (Musculi rotatores breves) Processus spinosus.

Kontrahieren die Muskeln des transversospinalen Systems auf beiden Seiten gleichzeitig, kommt es zur Rückwärtsneigung der Wirbelsäule, vergleichbar der Funktion des Musculus erector spinae. Kontrahieren allerdings nur die Muskeln einer Seite, werden die Processus spinosi den Processus transversi benachbarter Wirbel angenähert, dabei kommt es zur Rotation der Wirbelsäule zur kontralateralen Seite; die Seitwärtsneigung der Wirbelsäule wird unterstützt.

Eine Sonderrolle nimmt der **Musculus semispinalis capitis** aufgrund seiner Befestigung am Schädel ein. Seine beidseitige Aktivität führt zum Rückwärtsneigen des Kopfes und der Halswirbelsäule; einseitige Aktivierung dreht den Kopf sowie die Halswirbelsäule zur kontralateralen Seite und neigt den Kopf und die Halswirbelsäule zur ipsilateralen Seite ähnlich der Funktion der oberen Anteile des Musculus erector spinae.

Alle Muskeln des transversospinalen Systems werden durch Rami mediales der Rami posteriores der Spinalnerven innerviert. Die Blutversorgung erfolgt aus den Arteriae vertebralis, cervicalis profunda, intercostales posteriores (über Rami dorsales), lumbales (über Rami dorsales).

Tab. 2.5 Transversospinales System der Rückenmuskeln

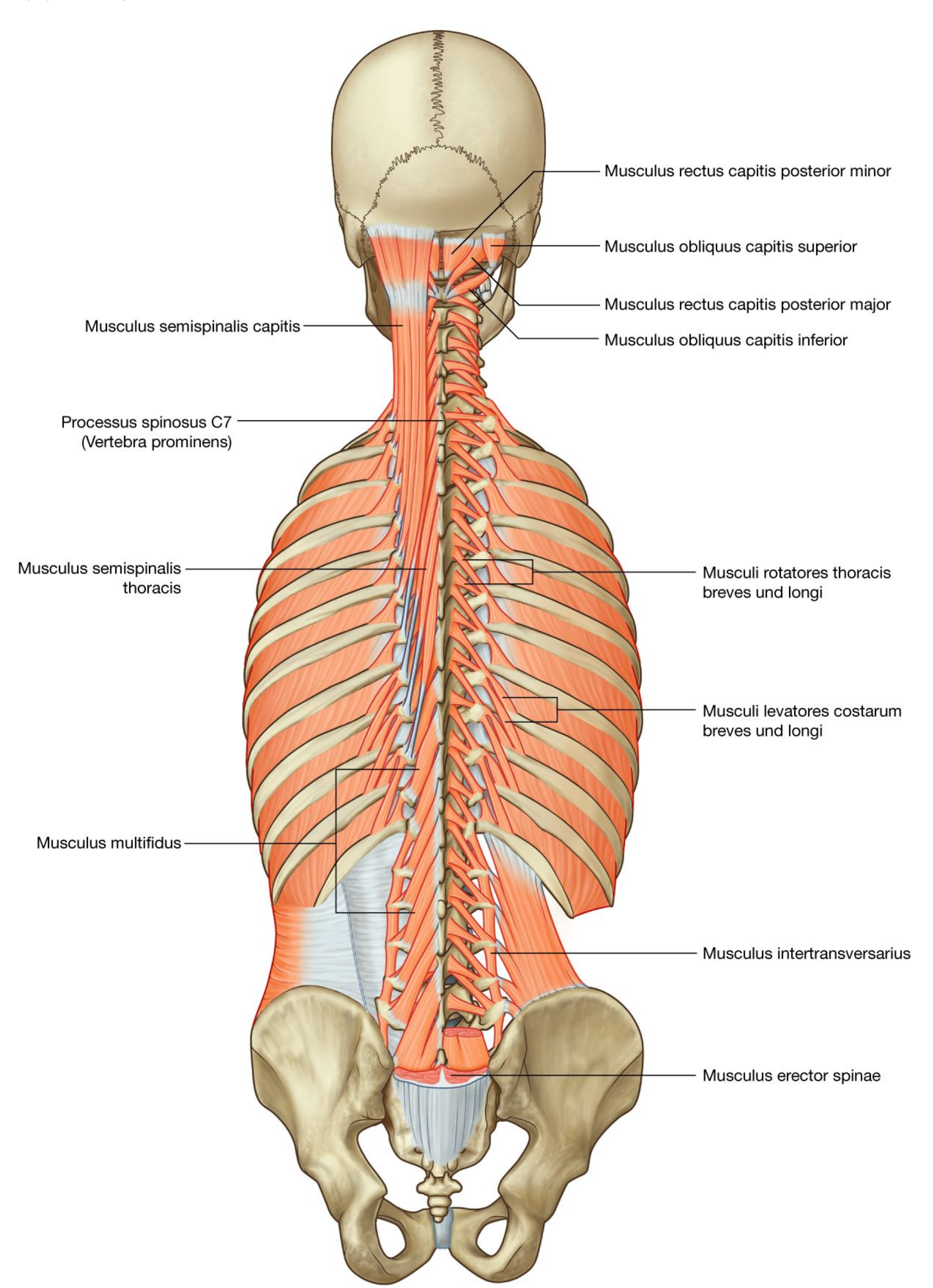
Muskel	Ursprung	Ansatz
Musculus semispinalis thoracis	Processus transversi Th6 – Th12 und Processus mamillaris L1	Processus spinosi (C6) C7 – Th5 (Th6)
Musculus semispinalis cervicis	Processus transversi (Th1) Th2 – Th5 (Th6)	Processus spinosi C2 – C5 (C6)
Musculus semispinalis capitis	Processus transversi C4 – Th6 (Th7)	Os occipitale zwischen Lineae nuchales superior und inferior
Musculus multifidus	Processus articulares C5 – C7, Processus transversi Th1 – Th12, Facies dorsalis des Os sacrum, Crista iliaca, Processus mamillares L1 – L5	Processus spinosi C2 – L5
Musculi rotatores lumborum	Processus mamillares L1 – L5	Processus spinosi Th11 – L3
Musculi rotatores thoracis	Processus transversi Th1 – Th12	Processus spinosi C6 – Th10
Musculi rotatores cervicis	Processus transversi C4 – C7	Processus spinosi C2 – C5

Segmentales (intertransversales) System

Die beiden Gruppen des segmentalen Systems (Abb. 2.49 und Tab. 2.6) liegen tief im Rücken und werden von Rami laterales der Rami posteriores der Spinalnerven innerviert. Die Blutversorgung erfolgt aus Arteriae occipitalis, cervicalis profunda, vertebralis, lumbales (über Rami dorsales) und intercostales posteriores (über Rami dorsales).

61

Abb. 2.49



Tiefe Gruppe der Rückenmuskeln – transversospinales und segmentales System.

- Die erste Gruppe des segmentalen Systems sind die **Musculi levatores costarum** (breves und longi – breves ziehen zur nächsten Rippe, longi zur übernächsten). Sie

entspringen an den Processus transversi der Vertebrae C7 bis Th11, verlaufen schräg nach lateral-kaudal und inserieren lateral des Angulus costae der darunter liegenden Rippe. Bei beidseitiger Aktivität unterstützen sie die Rückwärtsneigung der Wirbelsäule und das Anheben der Rippen (Inspiration). Einseitige Aktivität führt zu Drehen der Wirbelsäule zur kontralateralen Seite und Seitwärtsneigung zur ipsilateralen Seite.

62
63

- Die zweite Gruppe umfasst die echten segmentalen Muskeln des Rückens, die **Musculi interspinales**, die zwischen benachbarten Processus spinosi verlaufen, und die **Musculi intertransversarii**, die zwischen benachbarten Processus transversi verlaufen. Diese Haltungsmuskeln stabilisieren die entsprechenden Bewegungssegmente und unterstützen die Seitwärtsneigung und Rückwärtsneigung in der Hals- und Lendenwirbelsäule.

Tab. 2.6 Segmentales (intertransversales) System der Rückenmuskeln

Muskel	Ursprung	Ansatz	Funktion
Musculi levatores costarum (breves und longi)	Spitze der Processus transversi C7–Th11	Lateral der Anguli costarum I–XII	Beidseitige Aktivität unterstützt die Rückwärtsneigung der Wirbelsäule und das Anheben der Rippen (Atemhilfsmuskulatur: Inspiration). Einseitige Aktivität dreht die Wirbelsäule zur kontralateralen Seite und neigt sie zur ipsilateralen Seite
Musculi interspinales	Unterrand der Processus spinosi C2 – L5	Oberrand der Processus spinosi C3 – L5 und der Crista iliaca sacralis mediana	Stabilisierung und Feineinstellung der Bewegungssegmente, Unterstützung der Rückwärtsneigung
Musculi intertransversarii	Processus transversi C1–C4, Processus transversi L1–L4	Processus transversi C2 – C5, Processus transversi L2 – L5	Stabilisierung der Bewegungssegmente und Unterstützung der Seitwärtsneigung und Rückwärtsneigung in Hals- und Lendenwirbelsäule

Kurze Nackenmuskeln (Musculi suboccipitales)

An den Kopfbewegungen sind die kurzen (tiefen) Nackenmuskeln an der Basis des Os occipitale beteiligt. Sie verbinden den Atlas (C1) mit dem Axis (C2) und beide Wirbel (C1 und C2) mit der Schädelbasis. Aufgrund ihrer Lage werden die kurzen Nackenmuskeln als Musculi suboccipitales bezeichnet. Sie umfassen (Abb. 2.49 und 2.50 sowie Tab. 2.7):

- **Musculus rectus capitis posterior major**
- **Musculus rectus capitis posterior minor**

- **Musculus obliquus capitis superior**
- **Musculus obliquus capitis inferior**.

Die kurzen Nackenmuskeln dienen der Feineinstellung des Kopfes im Atlantookzipitalgelenk. Gemeinsam führen sie zur Rückwärtsneigung des Kopfes im Atlantookzipitalgelenk. Die Musculi suboccipitales werden von Rami posteriores des Nervus cervicalis I (Nervus suboccipitalis) und Nervus cervicalis II innerviert. Die Blutversorgung der Muskeln erfolgt aus Ästen der Arteriae vertebralis, cervicalis profunda und occipitalis.

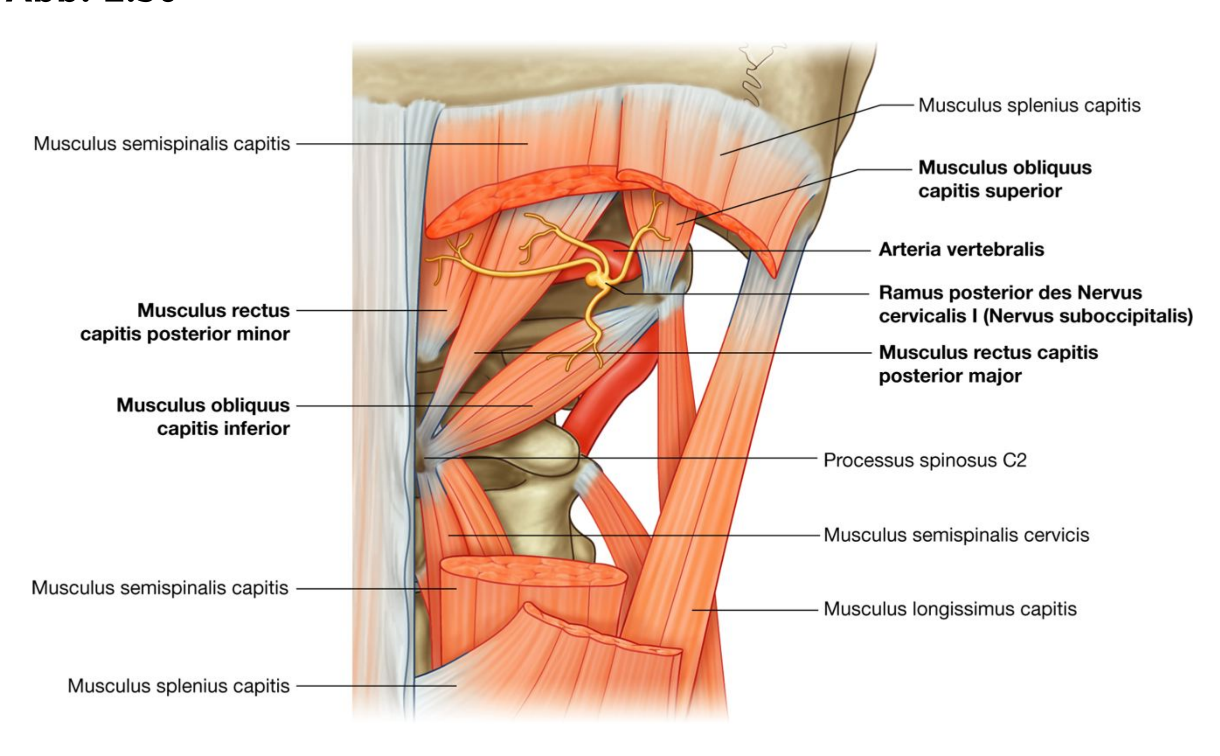
Die Musculi suboccipitales bilden die Begrenzung des Trigonum vertebrale, das zahlreiche wichtige Strukturen beinhaltet (Abb. 2.50):

- Die mediale Begrenzung bildet der Musculus rectus capitis posterior major.
- Die laterale Begrenzung bildet der Musculus obliquus capitis superior.
- Die kaudale Begrenzung bildet der Musculus obliquus capitis inferior.

In der Tiefe des Trigonum vertebrale verlaufen die Arteria vertebralis und kleinere Venen; aus dem Trigonum vertebrale kommt der Nervus suboccipitalis (Nervus cervicalis I) und innerviert die kurzen Nackenmuskeln.

63
64

Abb. 2.50



Tiefe Gruppe der Rückenmuskeln – Musculi suboccipitales. Außerdem Begrenzung des Trigonum vertebrale.

Tab. 2.7 Musculi suboccipitales

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus rectus capitis posterior major	Processus spinosus des Axis (C2)	Lateraler Anteil des Os occipitale unterhalb der Linea nuchalis inferior	Ramus posterior (medialer Ast) des Nervus cervicalis I (Nervus suboccipitalis)	Drehung und Neigung des Kopfes zur ipsilateralen Seite bei einseitiger Aktivierung, beidseitige Aktivierung führt zur Rückwärtsneigung des Kopfes
Musculus rectus capitis posterior minor	Processus spinosus des Atlas (C1)	Medialer Anteil des Os occipitale unterhalb der Linea nuchalis inferior	Ramus posterior (medialer Ast) des Nervus cervicalis I (Nervus suboccipitalis) und Nervus cervicalis II	Neigung des Kopfes zur ipsilateralen Seite bei einseitiger Aktivierung, beidseitige Aktivierung führt zur Rückwärtsneigung des Kopfes
Musculus obliquus capitis superior	Processus transversus des Atlas (C1)	Os occipitale zwischen Lineae nuchales superior und inferior	Ramus posterior (lateraler Ast) des Nervus cervicalis I (Nervus suboccipitalis) und Nervus cervicalis II	Neigung des Kopfes zur ipsilateralen Seite und Drehung zur kontralateralen Seite bei einseitiger Aktivierung, beidseitige Aktivierung führt zur Rückwärtsneigung des Kopfes
Musculus obliquus capitis inferior	Processus spinosus des Axis (C2)	Processus transversus des Atlas (C1)	Ramus posterior (medialer Ast) des Nervus cervicalis I (Nervus suboccipitalis) und Nervus cervicalis II	Unterstützt Drehung des Kopfes zur ipsilateralen Seite

64
65

Klinik

Nervenverletzungen mit Ausfall von Rückenmuskeln

Die Lähmung des Musculus trapezius aufgrund einer Schädigung des Nervus accessorius [XI] führt zum Herabhängen der Schulter. Schultergürtel und Arm können nicht mehr kräftig gehoben werden; die Schulterrotation ist stark eingeschränkt, und der Arm kann nicht mehr eleviert werden. Das macht sich besonders bei Bewegungen gegen Widerstand, z. B. beim Tragen schwerer Lasten bemerkbar.

Bei Lähmung des Musculus latissimus dorsi aufgrund einer Schädigung des Nervus thoracodorsalis kann der Arm nicht mehr kräftig retrovertiert werden. Das Aufstehen aus einem Lehnstuhl ohne Einsatz der Beine oder beispielsweise ein Klimmzug ist nicht mehr möglich. Auch die Rückwärtsführung des Arms zum Gesäß ist kaum noch möglich.

Lähmungen des Musculus levator scapulae und der Musculi rhomboidei aufgrund einer Schädigung des Nervus dorsalis scapulae führen zum Bild der „Scapula alata". Dabei kann der mediale Rand der Scapula nicht mehr am Rumpf fixiert werden und hebt sich vom Brustkorb ab. Durch den Zug intakter Muskeln an der Scapula wird sie nach lateral gezogen. Da die Scapula nicht am Rumpf fixiert werden kann, hat auch der erhobene Arm keine feste Position.

EINFÜHRUNG IN DAS NERVENSYSTEM

Das Nervensystem wird entsprechend seiner Struktur und Funktion in verschiedene Anteile gegliedert:

- Strukturell in das Zentralnervensystem (ZNS) und in das periphere Nervensystem (PNS) (Abb. 2.51)
- Funktionell in das somatische und das viszerale Nervensystem.

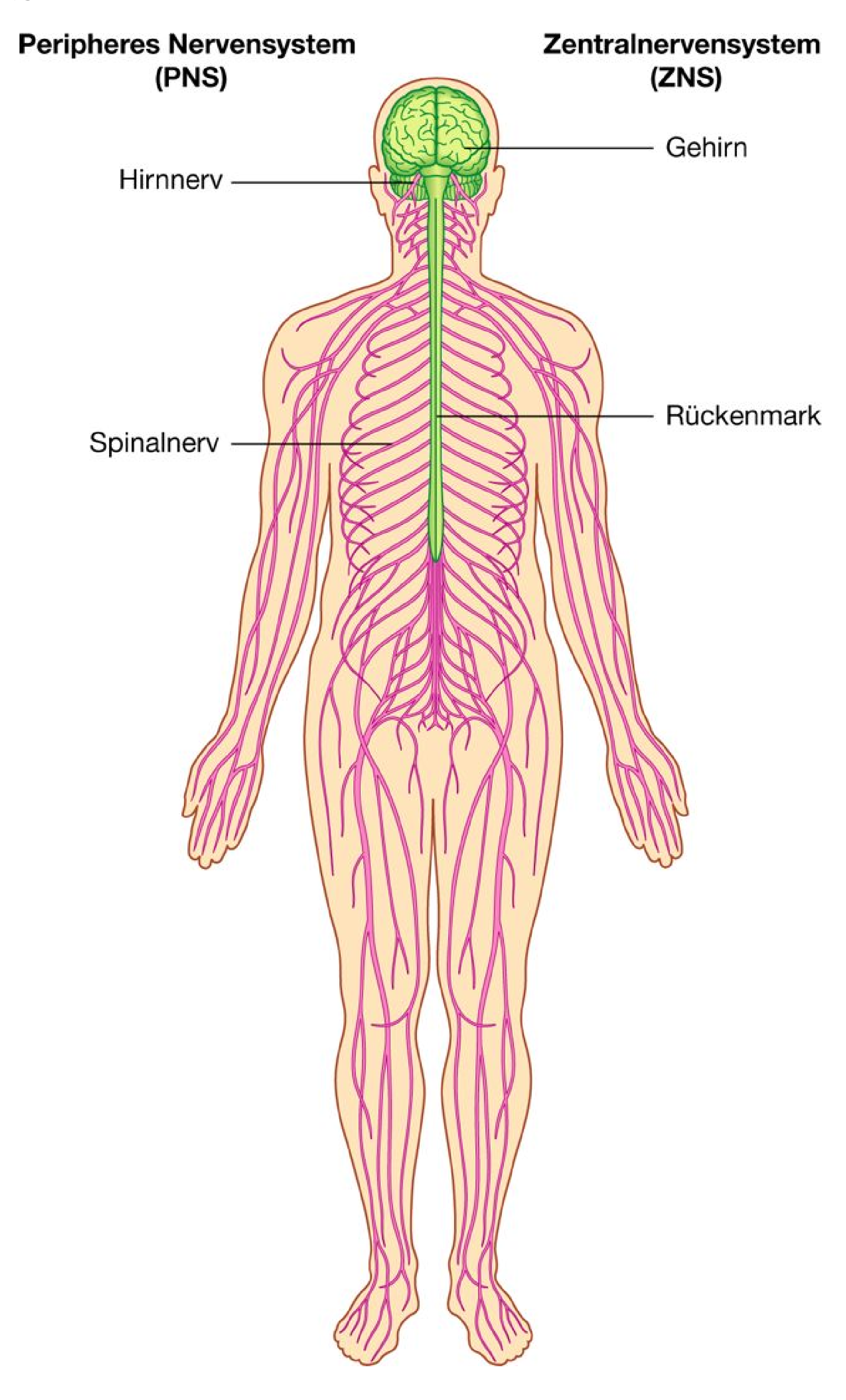
Das ZNS besteht aus Gehirn und Rückenmark, die sich beide aus dem Neuralrohr entwickeln.

Zum PNS gehören alle nervalen Strukturen außerhalb des ZNS, die das ZNS mit der Körperperipherie verbinden. Die Anteile des PNS entwickeln sich aus Neuralleistenzellen und Aussprossungen des ZNS. Es besteht aus den Spinalnerven, Hirnnerven, viszeralen Nerven und Plexus sowie dem enterischen Nervensystem.

Zentralnervensystem

Gehirn

Abb. 2.51



ZNS und PNS.

Anteile des Gehirns sind die beiden Großhirnhemisphären, die Endhirn (Telencephalon), Zwischenhirn (Diencephalon), Mittelhirn (Mesencephalon), Kleinhirn (Cerebellum), Brücke (Pons) und verlängertes Mark (Medulla oblongata) bilden. Die Großhirnhemisphären besitzen eine äußere graue Substanz (Substantia grisea), die überwiegend aus Nervenzellkörpern besteht, und eine innere weiße Substanz (Substantia alba), die größtenteils aus Axonen besteht, welche Trakte und Verbindungen bilden. Außerdem gehören die beiden Seitenventrikel zum Telencephalon. Der Plexus choroideus in den Seitenventrikeln bildet den Liquor cerebrospinalis, der die Ventrikel ausfüllt.

65
66

Das Cerebellum besteht aus zwei Seitenlappen und einem zentralen Anteil.

Der Hirnstamm umfasst Diencephalon, Mesencephalon, Pons und Medulla oblongata.

Rückenmark

Das Rückenmark ist der in den oberen zwei Dritteln des Wirbelkanals lokalisierte Anteil des ZNS. Es ist nahezu zylindrisch. Auf Horizontalschnitten hat es eine runde bis ovale Form mit einem Zentralkanal (Canalis centralis).

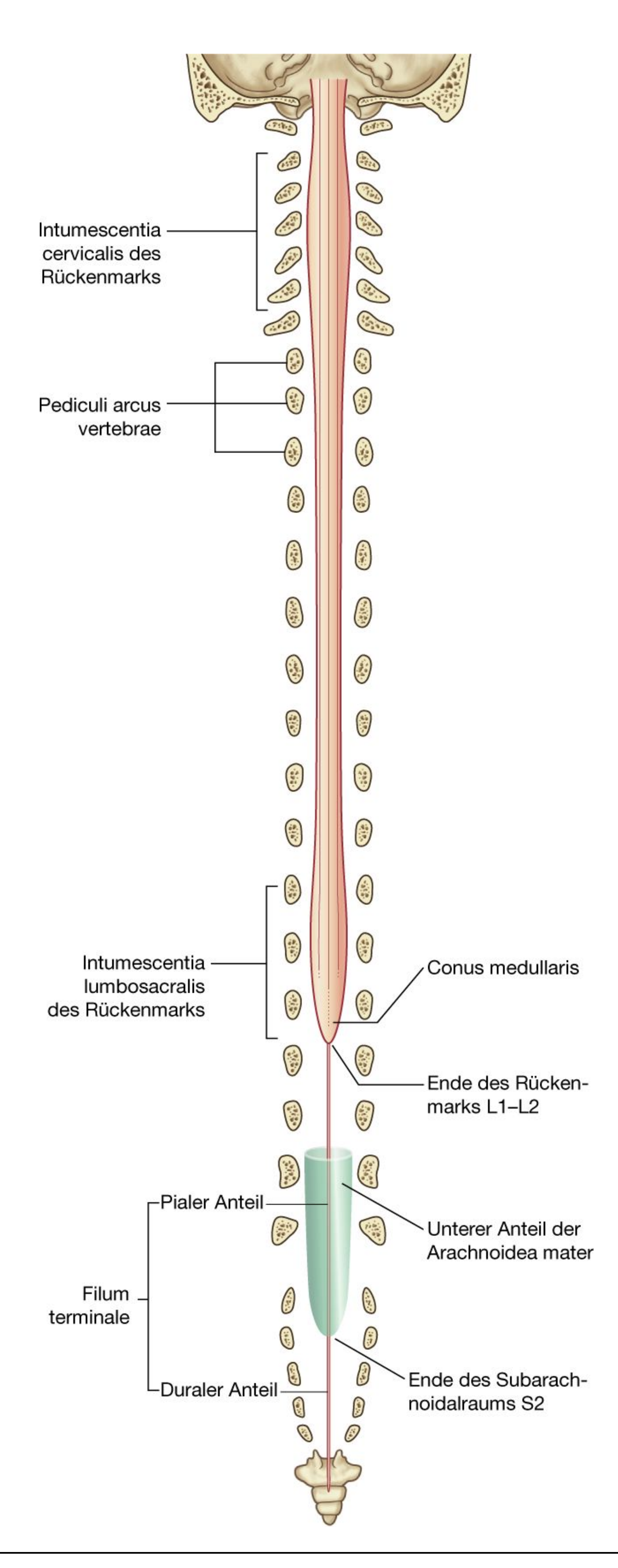
Das Rückenmark erstreckt sich beim Erwachsenen vom Foramen magnum bis etwa auf Höhe des ersten bis zweiten Lendenwirbels (L1 – L2). Es kann allerdings auch schon auf Höhe Th12 enden oder bis L2/L3 reichen (Abb. 2.52). Beim Neugeborenen reicht das Rückenmark bis auf Höhe L3, in Ausnahmefällen auch bis L4. Das distale Ende des Rückenmarks besitzt die Form eines Konus **(Conus medullaris)**. Am Conus medullaris ist ein feines Bindegewebsnetzwerk aufgehängt, das sich nach kaudal im Wirbelkanal fortsetzt. Es handelt sich dabei um Anteile der Pia mater, die als **Filum terminale** bezeichnet werden.

Das Rückenmark hat nicht überall den gleichen Durchmesser. Im Bereich der Spinalnervenursprünge für die Extremitäten ist es verbreitert. Die obere Verbreiterung, **Intumescentia cervicalis**, liegt auf Höhe der Spinalnervenursprünge C5 – Th1, die für die Innervation der oberen Extremitäten verantwortlich sind. Die untere Verbreiterung, **Intumescentia lumbosacralis**, liegt auf Höhe der Spinalnervenursprünge L1 – S3, die der Innervation der unteren Extremitäten dienen.

An der Oberfläche des Rückenmarks kann man verschiedene Fissuren und Sulci unterscheiden (Abb. 2.53):

- Die **Fissura mediana anterior** erstreckt sich über die gesamte Oberfläche des Rückenmarks entlang der Mittellinie.
- Der **Sulcus medianus posterior** ist eine Vertiefung in der Mittellinie entlang der gesamten Rückseite des Rückenmarks.
- Die **Sulci posterolaterales** liegen jeweils auf der Rückseite des Rückenmarks an den Stellen, an denen die Radices posteriores der Spinalnerven in das Rückenmark eintreten.

Abb. 2.52



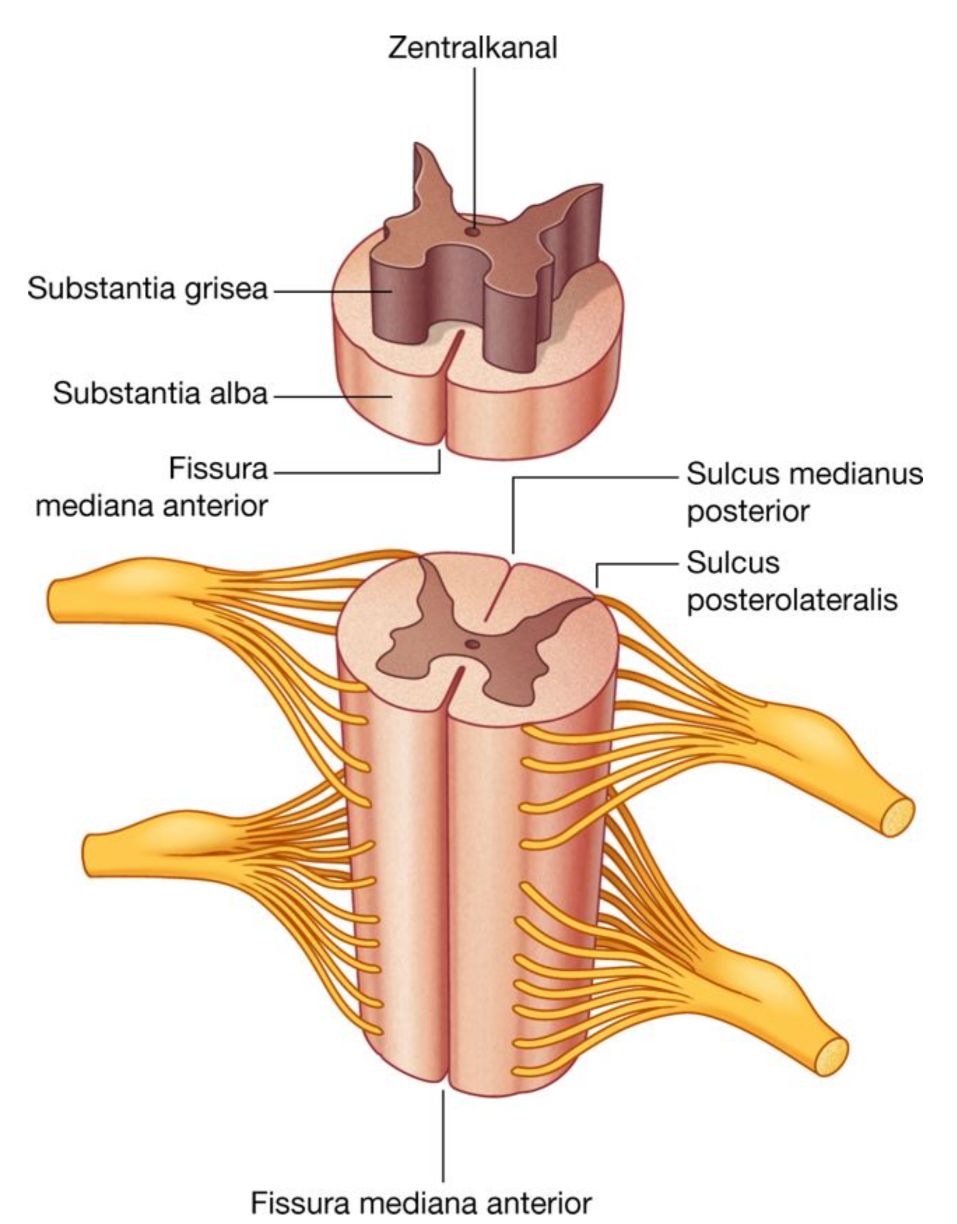
Intumescentia cervicalis des Rückenmarks
Pediculi arcus vertebrae
Intumescentia lumbosacralis des Rückenmarks
Conus medullaris
Ende des Rückenmarks L1–L2
Pialer Anteil
Unterer Anteil der Arachnoidea mater
Filum terminale
Ende des Subarachnoidalraums S2
Duraler Anteil

Rückenmark.

Innen liegt, umgeben von grauer (Substantia grisea) und weißer (Substantia alba) Substanz, der Zentralkanal:

- Die graue Substanz enthält große Mengen an Nervenzellkörpern, die longitudinale Säulen innerhalb des Rückenmarks bilden; in Horizontalschnitten sieht die graue Substanz wie eine Schmetterlingsfigur oder wie ein H aus.
- Die weiße Substanz umgibt die graue Substanz und ist reich an Nervenzellfortsätzen; die Fortsätze sind zu dicken Bündeln zusammengeschlossen, sie bilden Trakte, die in 66 der weißen Substanz des Rückenmarks zu anderen Rückenmarksebenen 67 auf- und absteigen und Informationen vom sowie zum Gehirn weiterleiten.

Abb. 2.53



Merkmale des Rückenmarks.

Blutversorgung

Arterien

Die arterielle Blutversorgung des Rückenmarks erfolgt über zwei Quellen:

- Longitudinal angeordnete Gefäße, die im Zervikalbereich des Rückenmarks entspringen und auf der Oberfläche verlaufen
- Versorgungsarterien, die über die Foramina intervertebralia in den Wirbelkanal eintreten – diese Versorgungsarterien, die als spinale **Segmentarterien** bezeichnet werden, entspringen hauptsächlich aus den Vertebral- und tiefen Zervikalarterien des Halses, den Arteriae intercostales dorsales im Thorax und den Arteriae lumbales im Abdominalbereich.

Nach Durchtritt durch die Foramina intervertebralia spalten sich die Arterien auf Höhe jeder Rückenmarksebene in Arteriae radiculares anteriores und posteriores auf. Die Arteriae radiculares folgen den Radices anteriores und posteriores der Spinalnerven und versorgen sie. Auf verschiedenen Höhen gehen aus den spinalen Segmentarterien segmentale Arteriae medullares ab, die direkt zu den longitudinal angeordneten Arterien ziehen und mit diesen in Verbindung stehen.

Die longitudinal angeordneten Arterien sind:

- Eine einzelne **Arteria spinalis anterior**, die aus dem Zusammenschluss zweier kleiner Äste hervorgeht. Diese Äste entspringen innerhalb des Schädels aus den beiden Arteriae vertebrales, kurz bevor diese sich zur Arteria basilaris zusammenschließen. Die aus den beiden kleinen Ästen hervorgegangene Arteria spinalis anterior zieht auf der Oberfläche des Rückenmarks annähernd parallel zur Fissura mediana anterior kaudalwärts.
- Zwei **Arteriae spinales posteriores**, die ebenfalls innerhalb des Schädels normalerweise aus einem Endast der linken und rechten Arteria vertebralis (Arteria inferior posterior cerebelli) hervorgehen. Arteriae spinales posteriores dextra und sinistra ziehen auf der Rückseite des Rückenmarks jeweils im Sulcus posterolateralis kaudalwärts und stehen über Arteriae radiculares und spinale Segment-arterien mit den Interkostalarterien in Verbindung.

Die Arteriae spinalis anterior und posteriores stehen über ihre gesamte Länge mit acht bis zehn segmentalen Arteriae medullares in Verbindung (Abb. 2.54). Die größte dieser Arterien ist die Arteria radicularis magna (Arteria Adamkiewicz; Abb. 2.54A). Das Gefäß entspringt im unteren Thorakal-bereich oder im oberen Lumbalbereich, gewöhnlich auf der linken Seite, und steht mit den Spinalarterien im unteren Abschnitt des Rückenmarks einschließlich des Bereichs um die Intumescentia lumbosacralis in Verbindung.

Venen

Die Venen, die das Rückenmark drainieren, bilden größtenteils longitudinal ausgerichtete Gefäßstämme (Abb. 2.55):

- Zwei longitudinal verlaufende Venenpaare umkleiden auf beiden Seiten den Aus- bzw. Eintritt von Radix anterior und Radix posterior aus bzw. in das Rückenmark.
- Eine Vena spinalis anterior verläuft entlang der Fissura mediana anterior.
- Eine Vena spinalis posterior verläuft entlang dem Sulcus medianus posterior.

Diese Venen drainieren ihr Blut in einen ausgeprägten venösen Plexus, den Plexus vertebralis internus im Extraduralraum (Epiduralraum) des Wirbelkanals. Dieser drainiert seinerseits das Blut in segmental angeordnete Venen, die mit den großen Venenstämmen des Körpers wie der Vena azygos im Thorax in Verbindung stehen. Der Plexus vertebralis internus kommuniziert ebenfalls mit den intrakraniellen Venen.

Hirnhäute (Meningen)

Die Meningen (Abb. 2.56) sind drei Bindegewebshäute, die das Rückenmark umgeben, es schützen und Rückenmark sowie Gehirn schwebend im Schädel bzw. im Wirbelkanal aufhängen.

67
68

- Die Dura mater ist die kräftigste und am weitesten außen liegende Hülle.
- Die Arachnoidea mater schließt sich innen an die Dura an.
- Die Pia mater liegt dem Hirn- und Rückenmarksgewebe direkt auf.

Zwischen Arachnoidea und Pia liegt der Subarachnoidalraum (Spatium subarachnoideum), der den Liquor cerebrospinalis enthält und zu den äußeren Liquorräumen zählt.

Dura mater spinalis

Die **Dura mater spinalis** geht kontinuierlich aus der Dura mater cranialis am Foramen magnum des Schädels hervor und ist die äußerste Meningealschicht (Abb. 2.56). Innerhalb des Schädels haben sich Dura mater und Periost zu einer Schicht verbunden; sie liegt dem Schädelknochen von innen unmittelbar an. Im Wirbelkanal ist die Dura mater von der knöchernen Ummantelung durch den Extraduralraum (Spatium extra- oder epidurale) getrennt. Kaudal verengt sich der Durasack auf Höhe Vertebra S2 stark und hüllt den pialen Anteil des Filum terminale des Rückenmarks ein. Diese terminale strangartige Ausdehnung der Dura mater (der durale Anteil des Filum terminale) ist an der dorsalen Oberfläche der Wirbelkörper des Os coccygis befestigt.

Da die Spinalnerven und ihre Wurzeln seitlich austreten, sind sie von tubulären Durascheiden umgeben, die in die Nervenscheiden (das Epineurium) der Spinalnerven einstrahlen und mit ihnen verschmelzen.

Arachnoidea mater spinalis

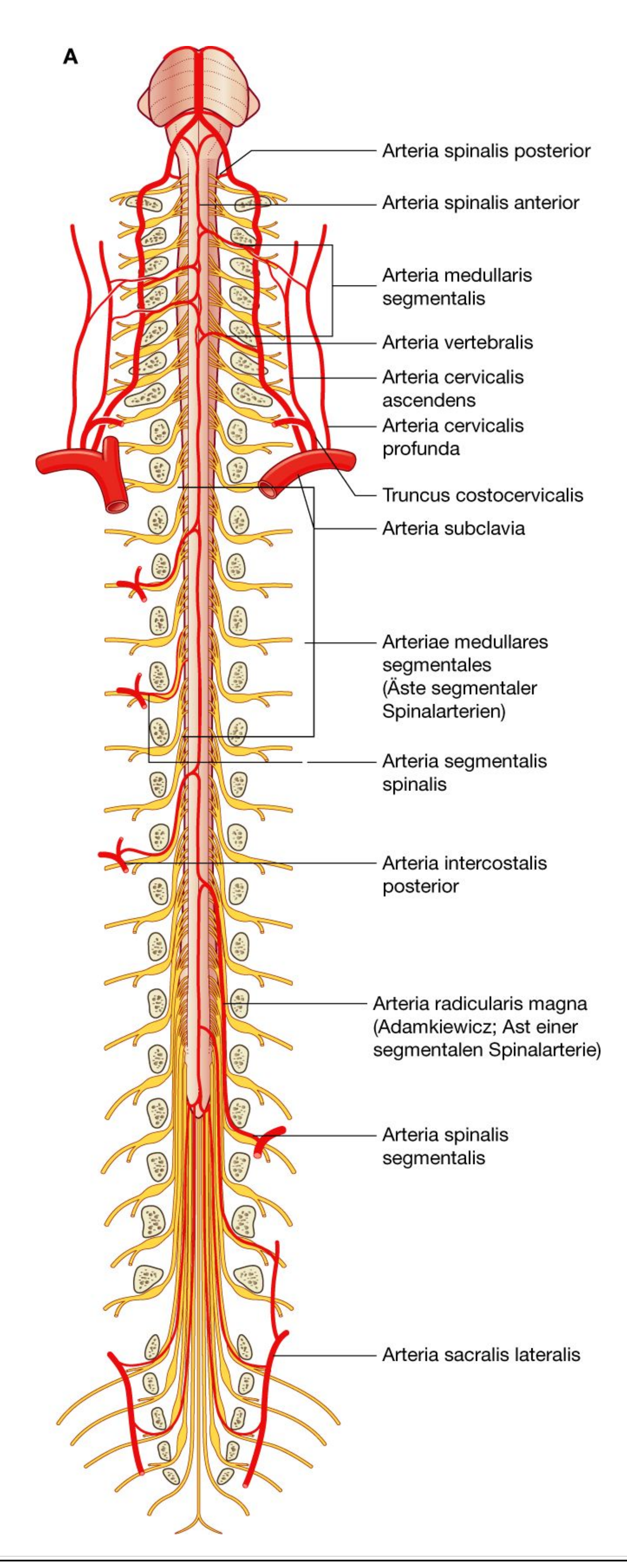
Die **Arachnoidea mater** spinalis ist eine dünne, zarte Membran, die der Dura mater von innen anliegt, aber nicht mit ihr verschmolzen ist (Abb. 2.56). Sie ist von der Pia mater durch den Subarachnoidalraum getrennt. Die Arachnoidea endet auf Höhe Vertebra S2 (Abb. 2.52).

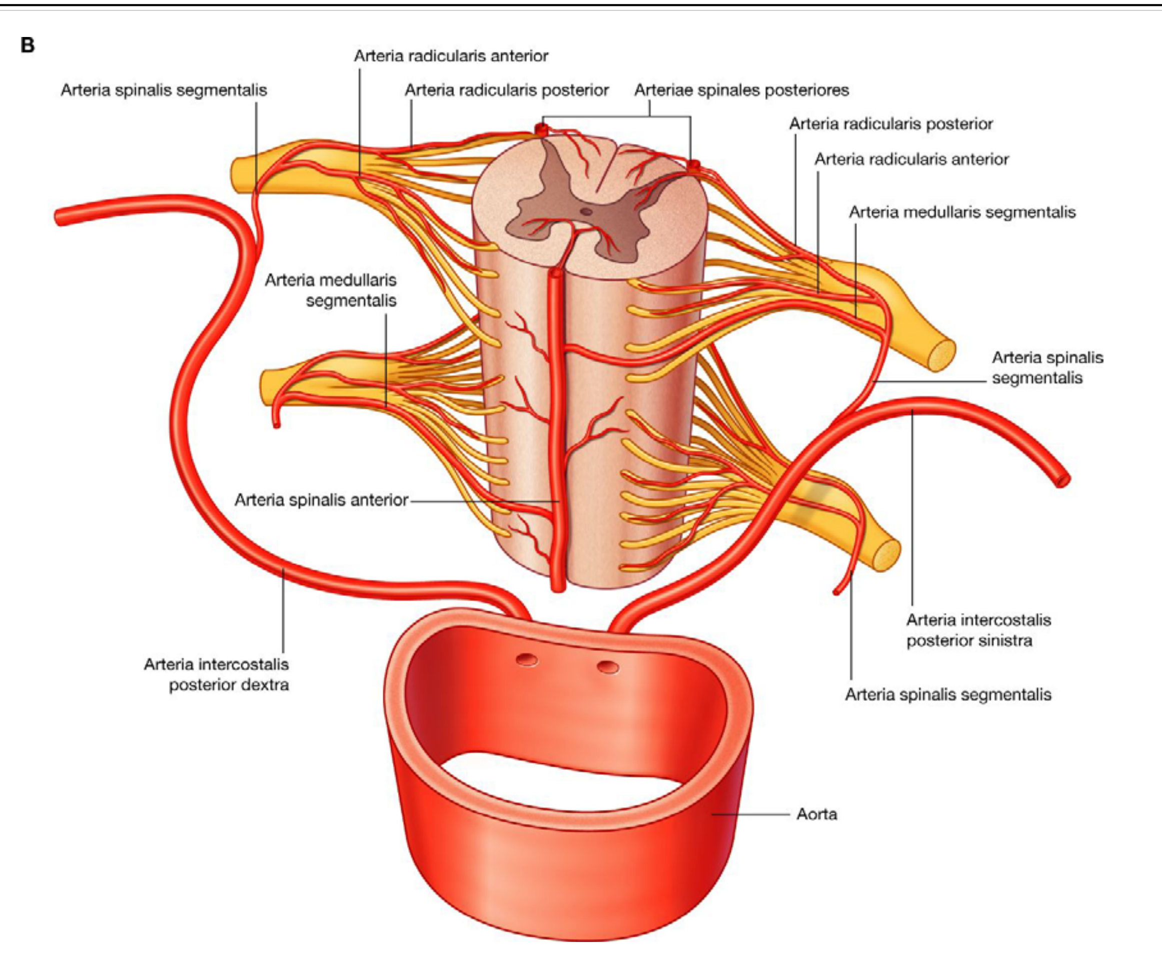
Subarachnoidalraum

Der Subarachnoidalraum zwischen Arachnoidea und Pia mater enthält Liquor cerebrospinalis (Abb. 2.56). Der das Rückenmark umgebende Subarachnoidalraum geht am Foramen magnum kontinuierlich in den das Gehirn umgebenden Subarachnoidalraum über. Kaudal endet der Subarachnoidalraum etwa auf Höhe der unteren Grenze von Vertebra S2 (Abb. 2.52).

Zarte Bindegewebszüge **(Trabeculae arachnoideae)** verbinden die Arachnoidea auf der einen Seite mit der Pia auf der anderen Seite. Das Bindegewebe ummantelt auch die im Subarachnoidalraum liegenden Blutgefäße. Der Subarachnoidalraum setzt sich weiter als das Rückenmark nach kaudal fort. Letzteres endet etwa auf Höhe Vertebra L1 bis L2; der Subarachnoidalraum reicht bis etwa auf Höhe Vertebra S2 nach kaudal (Abb. 2.52). Der Subarachnoidalraum ist unterhalb des Rückenmarks im Bereich der Cauda equina am weitesten. *Da in diesem Bereich kein Rückenmark mehr vorhanden ist und der Subarachnoidalraum weit ist, kann hier im Rahmen einer Lumbalpunktion Liquor gewonnen werden, ohne das Rückenmark zu gefährden.*

Abb. 2.54


A
Arteria spinalis posterior
Arteria spinalis anterior
Arteria medullaris segmentalis
Arteria vertebralis
Arteria cervicalis ascendens
Arteria cervicalis profunda
Truncus costocervicalis
Arteria subclavia
Arteriae medullares segmentales (Äste segmentaler Spinalarterien)
Arteria segmentalis spinalis
Arteria intercostalis posterior
Arteria radicularis magna (Adamkiewicz; Ast einer segmentalen Spinalarterie)
Arteria spinalis segmentalis
Arteria sacralis lateralis



Arterielle Gefäßversorgung des Rückenmarks. **A**. Blick von vorn auf das Rückenmark. Es sind nicht alle segmentalen Spinalarterien dargestellt. **B**. Segmentale Versorgung des Rückenmarks.

Pia mater spinalis

Die Pia mater spinalis, die das Rückenmark umgibt, ist eine gefäßreiche Membran, die fest mit der Oberfläche des Rückenmarks verbunden ist (Abb. 2.56). Sie zieht mit in die Fissura mediana anterior hinein, ummantelt scheidenförmig Radix posterior und Radix anterior der Spinalnerven und begleitet Letztere auf ihrem Weg durch den Subarachnoidalraum. Im Bereich des Aus- bzw. Eintritts der Radices geht die Pia in die Arachnoidea mater über.

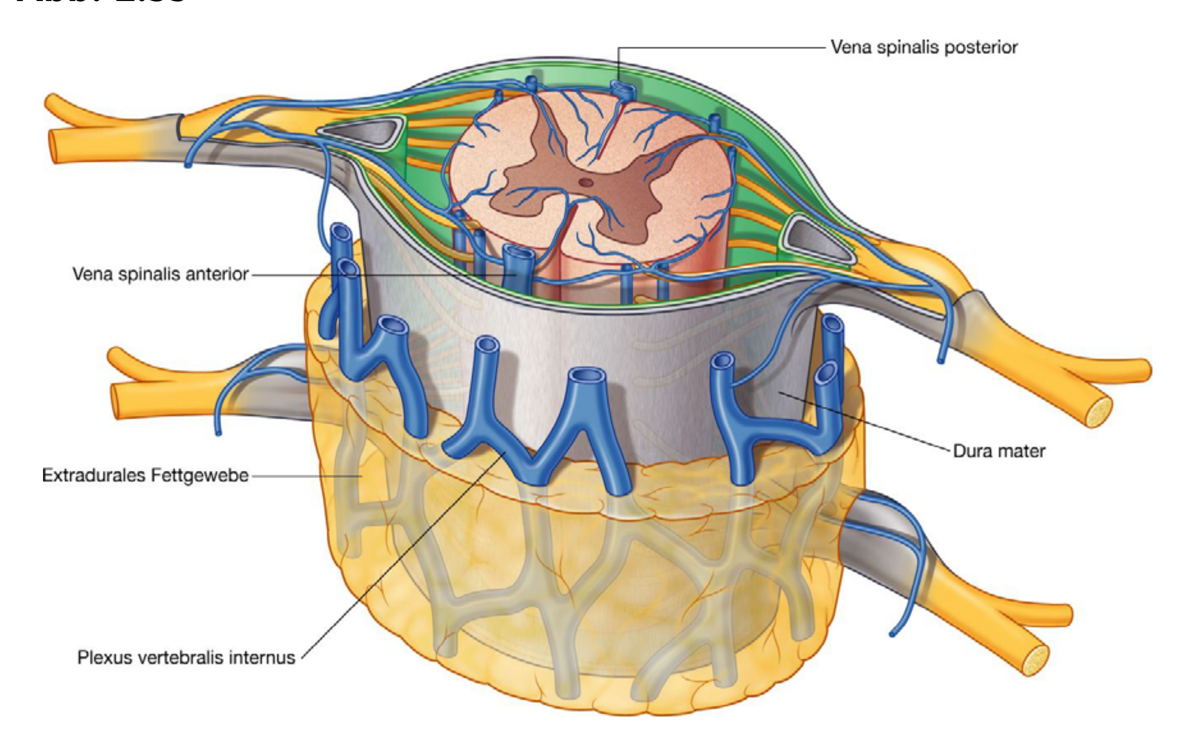
Auf beiden Seiten des Rückenmarks setzen sich Ausziehungen der Pia mater nach lateral als **Ligamenta denticulata** zur Arachnoidea und Dura fort (Abb. 2.56):

- Medial entspringt jedes Ligamentum denticulatum aus der das Rückenmark umgebenden Pia mater etwa in der Mitte zwischen dem Aus- bzw. Eintritt der Radix posterior und der Radix anterior.
- Lateral bildet jedes Ligamentum denticulatum entlang seinem freien Rand dreieckige Ausziehungen. Dabei ist die Spitze des Dreiecks an der Arachnoidea und der darüberliegenden Dura befestigt.

Die Ligamenta denticulata liegen normalerweise jeweils auf Höhe der Aus- bzw. Eintrittstellen der Radices anteriores und posteriores. Sie dienen der Fixierung des Rückenmarks im Zentrum des Subarachnoidalraums.

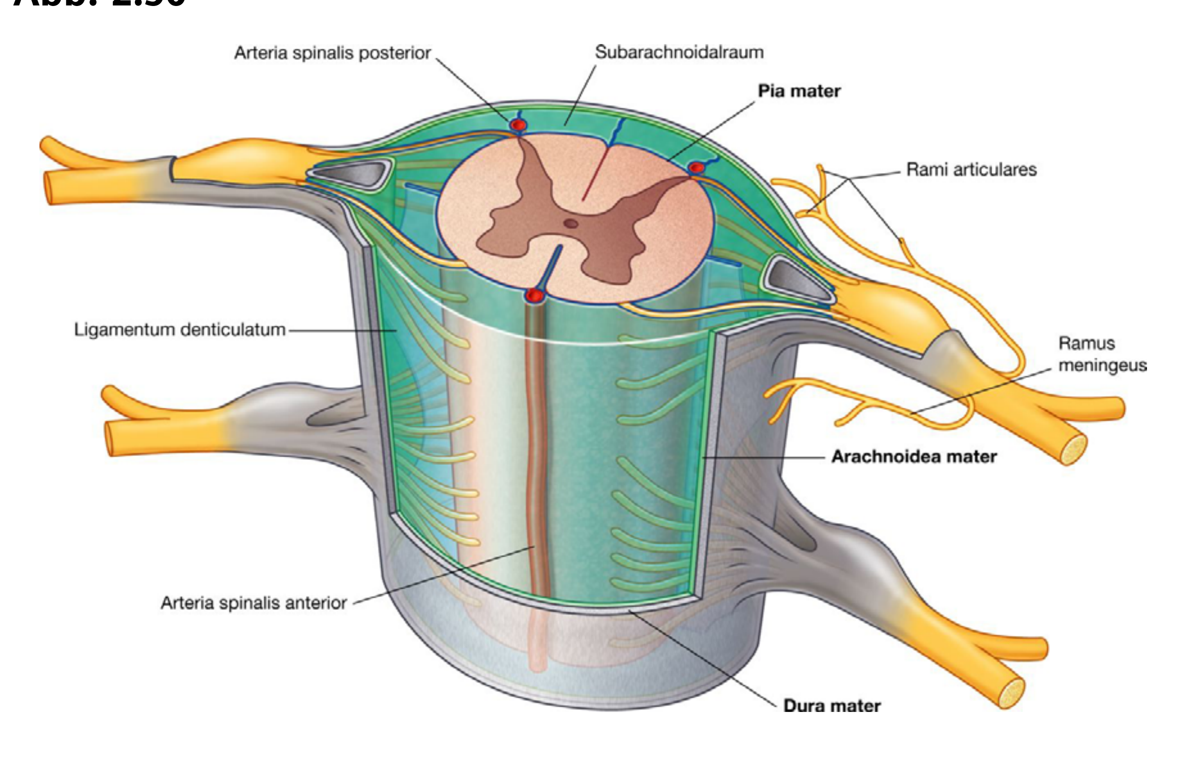
69
70

Abb. 2.55



Venöser Abfluss des Rückenmarks.

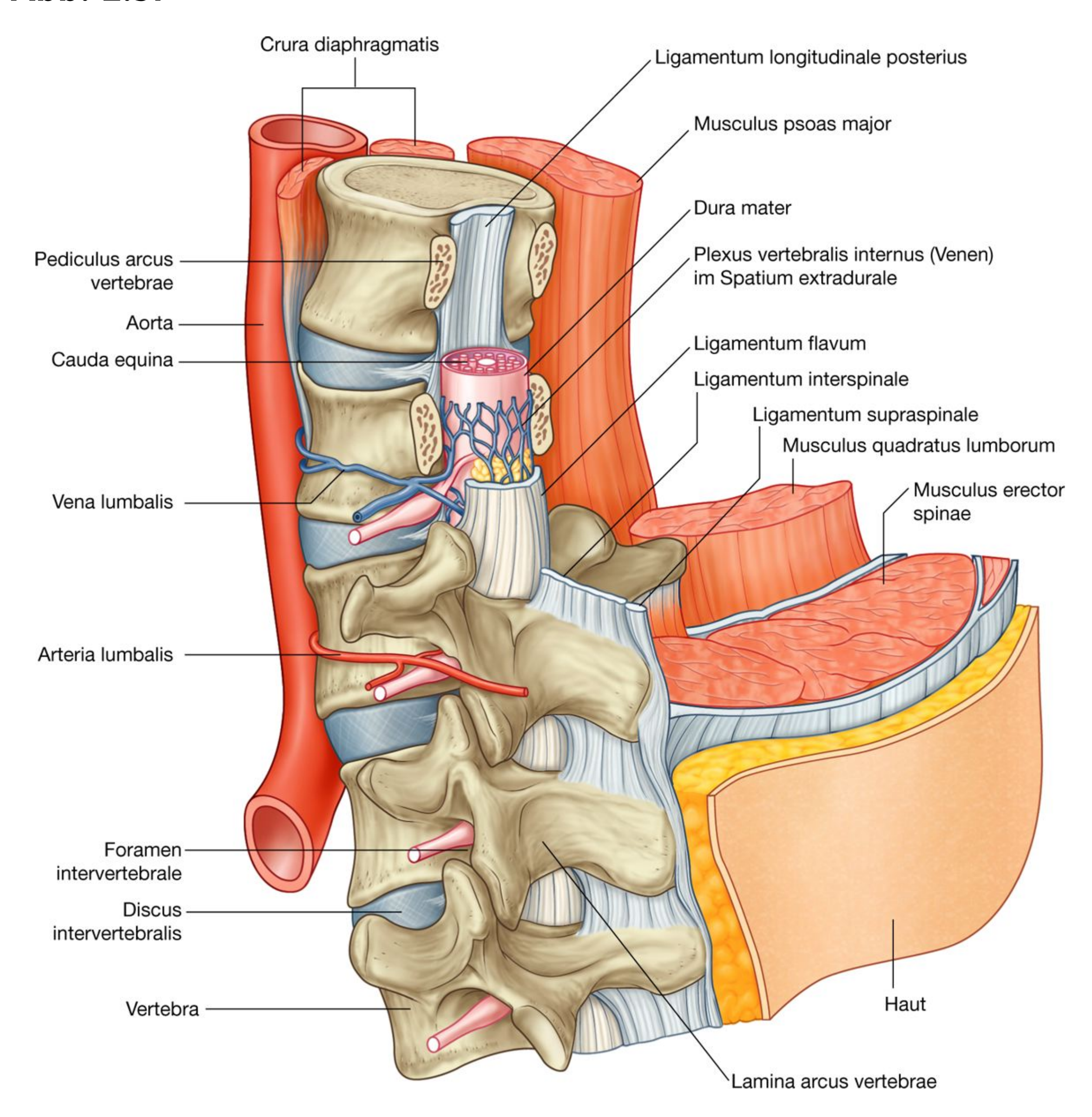
Abb. 2.56



Meningen.

70

Abb. 2.57



Anordnung der Strukturen im Spinalkanal und am Rücken.

Anordnung der Strukturen im Canalis vertebralis

Der Spinalkanal wird begrenzt

- ventral von den Corpora vertebralia, den Disci intervertebrales sowie dem Ligamentum longitudinale posterius (Abb. 2.57),
- lateral jeweils von den Pediculi und den Foramina intervertebralia,
- dorsal von den Laminae und Ligamenta flava sowie in der Medianebene von den Ligamenta interspinalia und den Processus spinosi.

Zwischen den begrenzenden Strukturen des Canalis vertebralis und dem Durasack befindet sich der Extraduralraum (Epiduralraum; Spatium extradurale; Spatium epidurale), der den venösen Plexus vertebralis enthält. Letzterer ist in Fettgewebe eingebettet.

Die Processus spinosi können in der Mittellinie durch die Haut im Zervikal-, Thorakal- und Lumbalbereich des Rückens getastet werden. Zwischen Haut und Processus spinosi liegt noch eine Faszie. Im Lumbalbereich überlappen sich die benachbarten Processus spinosi und die assoziierten Laminae, die lateral der Mittellinie liegen, nicht. Dadurch resultieren knochenfreie Bezirke zwischen den benachbarten Wirbelbögen.

Bei einer Lumbalpunktion macht man sich dies zunutze. Die Punktionskanüle wird zwischen zwei Processus spinosi durch die Ligamenta supraspinale und interspinale in den Extraduralraum vorgeschoben. Anschließend wird die Kanüle vorsichtig durch Dura und Arachnoidea mater in den Subarachnoidalraum vorgeschoben, in dem sich der Liquor befindet.

71
72

Klinik

Lumbalpunktion

Lumbalpunktionen werden durchgeführt, um Liquor für diagnostische Untersuchungen zu gewinnen. Darüber hinaus wird der Lumbalkanal punktiert, um Antibiotika, Chemotherapeutika oder Anästhetika aus therapeutischen Gründen einzubringen. Wie bereits oben erwähnt, ist die Lumbalregion für eine Punktion äußerst gut geeignet, da das Rückenmark beim Erwachsenen bereits auf Höhe Vertebra L1/L2 endet. Im Gegensatz dazu erstreckt sich der Subarachnoidalraum bis zur unteren Grenze von Vertebra S2. Dieser liquorgefüllte Raum beinhaltet Lumbal- und Sakralnerven, aber kein Rückenmark. Je nach Vorliebe des Arztes wird die Lumbalpunktion in seitlich liegender Position oder in sitzender Position des Patienten durchgeführt. In beiden Lagen macht der Patient einen Rundrücken.

Die Punktionsnadel wird in der Mittellinie zwischen zwei Wirbelfortsätzen unterhalb Vertebra L3 in den Extraduralraum vorgeschoben. Weiteres Vorschieben der Kanüle führt zum Durchdringen der Dura und Arachnoidea und damit zur Punktion des Subarachnoidalraums. Die meisten Punktionskanülen drücken die Nervenwurzeln der Cauda equina beiseite, ohne dass der Patient davon etwas bemerkt. Sobald die Punktionsnadel in den Subarachnoidalraum eingedrungen ist, kann Liquor aspiriert werden. Unter bestimmten Umständen ist es nötig, den Liquordruck zu messen.

Lokalanästhetika können in den Extraduralraum oder in den Subarachnoidalraum injiziert werden, um die sakralen und lumbalen Nervenwurzeln zu betäuben. Solche Narkosen sind im Rahmen von Beckenoperationen oder Eingriffen am Bein sinnvoll. Da der Patient keine Vollnarkose braucht, können auch Patienten behandelt werden, die eine Vollnarkose beispielsweise aufgrund eingeschränkter Lungenfunktion oder einer Herzproblematik nicht vertragen würden. Epidural- oder Subduralanästhesien erfordern die aufrecht sitzende Position des Patienten. Liegt der Patient auf der Seite, wird nur die nach unten zeigende Seite betäubt. Liegt der Patient in flacher Position, kann das Lokalanästhetikum mit dem Liquor

oder im Epiduralraum kranialwärts transportiert werden, Anteile des Hirnstamms betäuben und damit zur Atemdepression führen.

Im Rahmen der Extra- oder Epiduralanästhesie werden der Extraduralraum punktiert und das Lokalanästhetikum in das den Plexus vertebralis umgebende Fettgewebe gespritzt. Auch hier verteilt sich das Lokalanästhetikum der Schwerkraft folgend, führt zur Betäubung der Spinalnervenwurzeln und diffundiert in den Subarachnoidalraum.

Peripheres Nervensystem

Spinalnerven

Jeder Spinalnerv steht über eine Radix posterior und eine Radix anterior mit dem Rückenmark in Verbindung (Abb. 2.58):

- Die **Radix posterior** führt Nervenzellfortsätze sensorischer Nerven aus der Körperperipherie zum ZNS – die Zellkörper (pseudounipolare Ganglienzellen) dieser sensorischen Neurone, die embryologisch aus Zellen der Neuralleiste hervorgegangen sind, befinden sich im Ganglion spinale (Spinalganglion), das am distalen Ende der Radix posterior normalerweise innerhalb des Foramen intervertebrale liegt.
- Die **Radix anterior** führt die Axone von Motoneuronen, die Signale vom ZNS zur Körperperipherie leiten – die Nervenzellkörper der Motoneurone liegen im ventralen Abschnitt des Rückenmarks.

Medial splitten sich die Radices anteriores und posteriores in kleinere Äste auf, die aus dem Rückenmark kommen bzw. in das Rückenmark eintreten.

Unter einem **Spinalsegment** versteht man das Areal des Rückenmarks, aus dem alle kleinen Spinalnervenäste hervorgehen, die schließlich auf beiden Seiten jeweils ein Spinalnervenpaar bilden. Lateral verbinden sich Vorder- und Hinterwurzel auf jeder Seite zum Spinalnerv.

Jeder Spinalnerv teilt sich schon wenige Millimeter nachdem er sich außerhalb des Foramen intervertebrale aus **Radix anterior** und **Radix posterior** zum Spinalnerv formiert hat, wieder in einen dünneren Ramus posterior und einen dickeren Ramus anterior (Abb. 2.58). Der eigentliche Spinalnerv ist damit nur wenige Millimeter lang.

- Die **Rami posteriores** dienen der Innervation der autochthonen Rückenmuskulatur (epaxiale Muskeln) und eines schmalen Streifens Haut nahe der Mittellinie des Rückens.
- Die **Rami anteriores** innervieren den größten Teil der Skelettmuskulatur (hypaxiale Muskeln) des Körpers einschließlich der Extremitäten und des Stammes sowie die meisten Bereiche der Haut mit Ausnahme bestimmter Regionen des Kopfes.

72

73

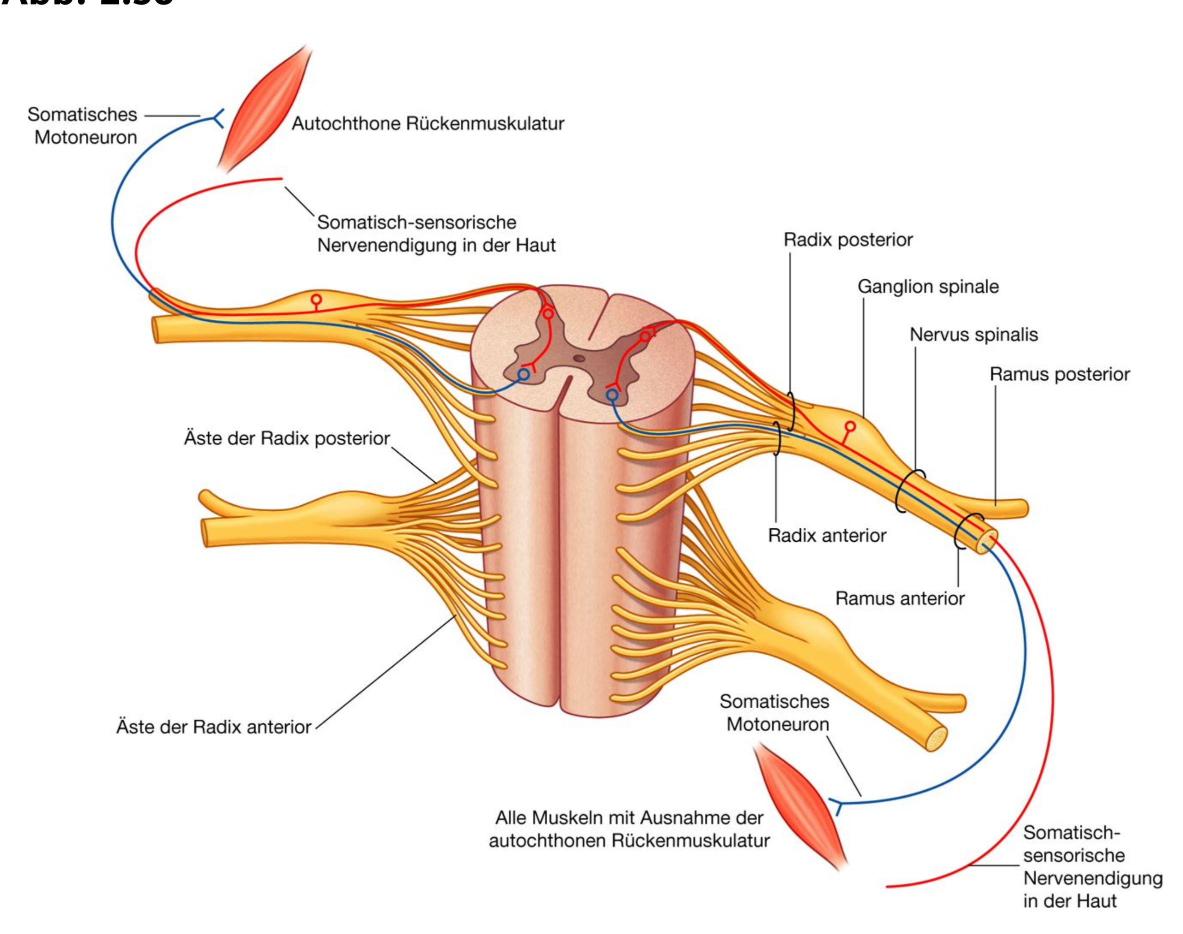
Alle großen somatischen Plexus (cervicalis, brachialis, lumbalis, sacralis) werden von Rami anteriores gebildet.

Da das Rückenmark wesentlich kürzer als die Wirbelsäule ist, werden die Spinalnervenwurzeln von kranial nach kaudal immer länger und verlaufen immer schräger (Abb. 2.59).

Beim Erwachsenen endet das Rückenmark etwa auf Höhe Vertebra L1 bis L2, es kann aber auch schon auf Höhe Vertebra Th12 enden oder bis Vertebra L2/L3 reichen. Daher liegen die Radices anteriores und posteriores, die sich in den kaudalen Abschnitten des Wirbelkanals zu Spinalnerven zusammenschließen, in höheren Abschnitten der Wirbelsäule als der zugehörige Spinalnerv, aus dem Wirbelkanal austritt.

Unterhalb des Conus medullaris verlaufen die Radices anteriores und posteriores lumbaler, sakraler und kokzygealer Nerven nach kaudal, um ihre Austrittsstellen aus dem Wirbelkanal zu erreichen. Diese Sammlung von Nervenwurzeln wird **Cauda equina** genannt.

Abb. 2.58



Aufbau eines Spinalnervs.

Spinalnervennomenklatur

Es gibt 31 Spinalnervenpaare (Abb. 2.59), die entsprechend ihrer Position zu den assoziierten Wirbeln benannt werden:

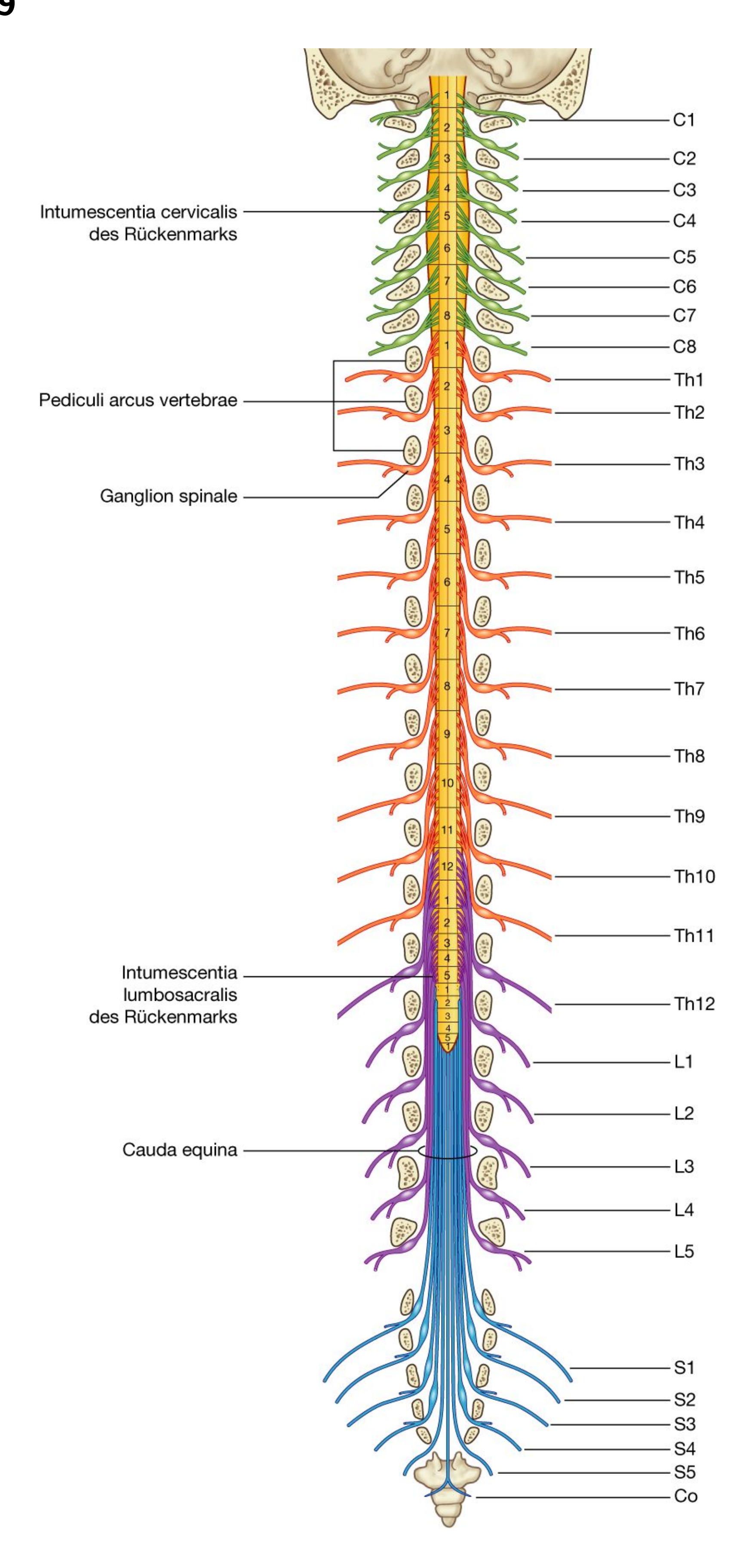
- Acht Zervikalnervenpaare – C1 – C8

- Zwölf Thorakalnervenpaare – Th1 – Th12
- Fünf Lumbalnervenpaare – L1 – L5
- Fünf Sakralnervenpaare – S1 – S5
- Ein Kokzygealnervenpaar (Co).

Das erste Zervikalnervenpaar tritt zwischen dem Schädel und dem Atlas (C1) aus (Abb. 2.60). Die Zervikalnervenpaare C2 bis C7 treten dadurch jeweils oberhalb des entsprechenden Wirbelkörpers aus. Da es nur sieben Halswirbel gibt, tritt das achte Zervikalnervenpaar zwischen C7 und Th1 aus. Alle folgenden Spinalnervenpaare treten dadurch unterhalb des entsprechenden Wirbels aus.

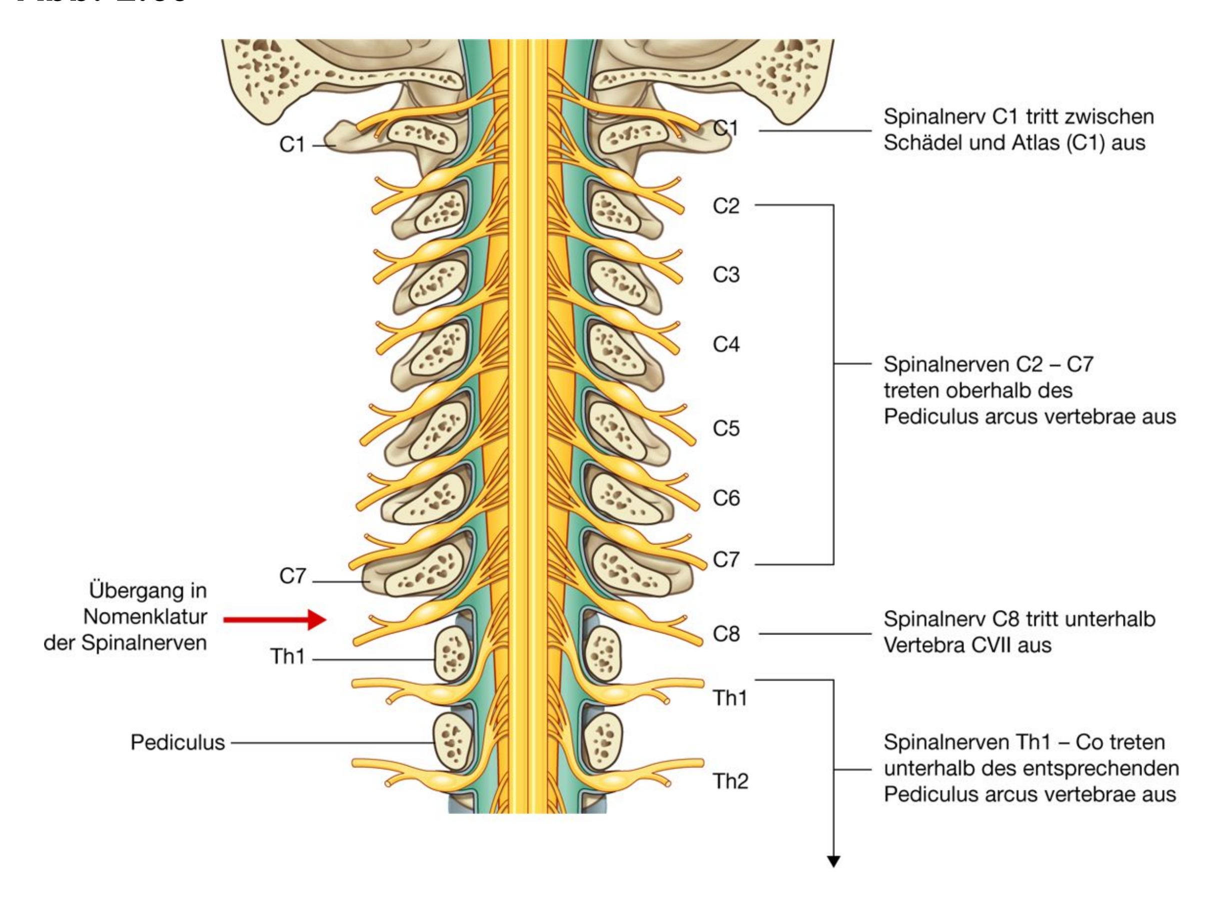
73

Abb. 2.59



Verlauf der Spinalnerven im Wirbelkanal.

Abb. 2.60



Nomenklatur der Spinalnerven.

FUNKTIONELLE UNTER-TEILUNGEN DES ZNS

Funktionell kann das Nervensystem in einen somatischen und einen viszeralen Anteil gegliedert werden:

- Der **somatische Teil** (soma – aus dem Griechischen – Körper) innerviert die Strukturen (Haut und die meisten Skelettmuskeln), die aus den Somiten hervorgegangen sind. Er ist hauptsächlich damit beschäftigt, Informationen aus der Umgebung zu empfangen und zu verarbeiten.
- Der **viszerale Teil** (viscera – aus dem Griechischen – Eingeweide) innerviert Organsysteme des Körpers und andere viszerale Elemente, wie glatte Muskulatur und Drüsen in der Körperperipherie. Er ist hauptsächlich damit beschäftigt, Informationen aus dem Körperinneren (Körpermilieu) zu empfangen und darauf zu antworten.

Somatischer Anteil des Nervensystems

Der somatische Anteil des Nervensystems besteht aus

- Nerven, die bewusste Wahrnehmungen aus der Körperperipherie zum ZNS leiten, und

- Nerven, die willkürliche Muskeln innervieren.

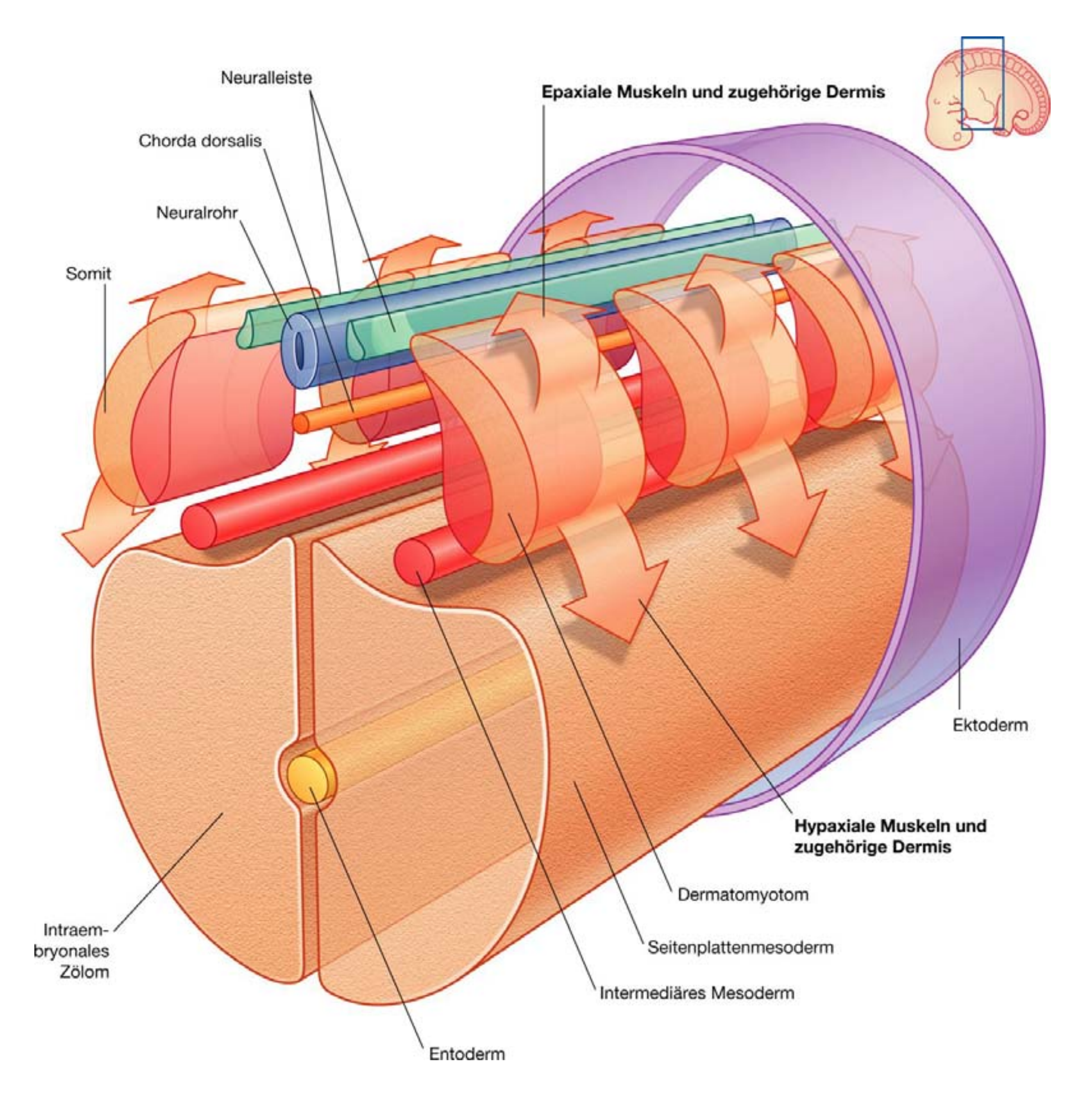
Somatische Nerven bilden sich segmental entlang dem sich entwickelnden ZNS gemeinsam mit **Somiten**, die ihrerseits ebenfalls segmental entlang dem Neuralrohr angeordnet sind (Abb. 2.61). Aus Anteilen jedes Somiten (dem **Dermatomyotom)** entwickeln sich Skelettmuskeln und die Dermis der Haut. Im Rahmen der Differenzierung gehen aus dem Dermatomyotom Zellen hervor, die in dorsale und ventrale Gebiete des sich entwickelnden Körpers wandern:

- Aus Zellen, die nach ventral wandern, gehen die Muskulatur der Extremitäten und des Köperstammes **(hypaxiale Muskulatur)** sowie die dazugehörige Dermis hervor.
- Aus Zellen, die nach dorsal wandern, gehen die oberflächliche Muskulatur (intrinsische, **epaxiale Muskulatur)** sowie die dazugehörige Dermis hervor.

Embryonale Nervenzellen innerhalb des ventralen Anteils des Neuralrohrs bilden periphere Fortsätze aus, die sich in ventrale und dorsale Anteile der sich differenzierenden Dermatomyotome der Somiten erstrecken (Abb. 2.62).

75
76

Abb. 2.61



Differenzierung der Somiten.

Gleichzeitig differenzieren sich Derivate der Neuralleistenzellen (Zellen, die im Rahmen der Neuralrohrbildung aus den Neuralfalten hervorgegangen sind) in Neurone entlang dem Neuralrohr und geben Zellfortsätze nach medial und lateral ab (Abb. 2.63):

- Die medialen Fortsätze erreichen den dorsalen Anteil des Neuralrohrs.
- Die lateralen Fortsätze projizieren in die sich entwickelnden Anteile des benachbarten Dermatomyotoms.

Neurone, die aus Neuronen innerhalb des Rückenmarks hervorgehen, werden zu **Motoneuronen**; solche, die sich aus Neuralleistenzellen entwickeln, werden zu **sensiblen Neuronen**.

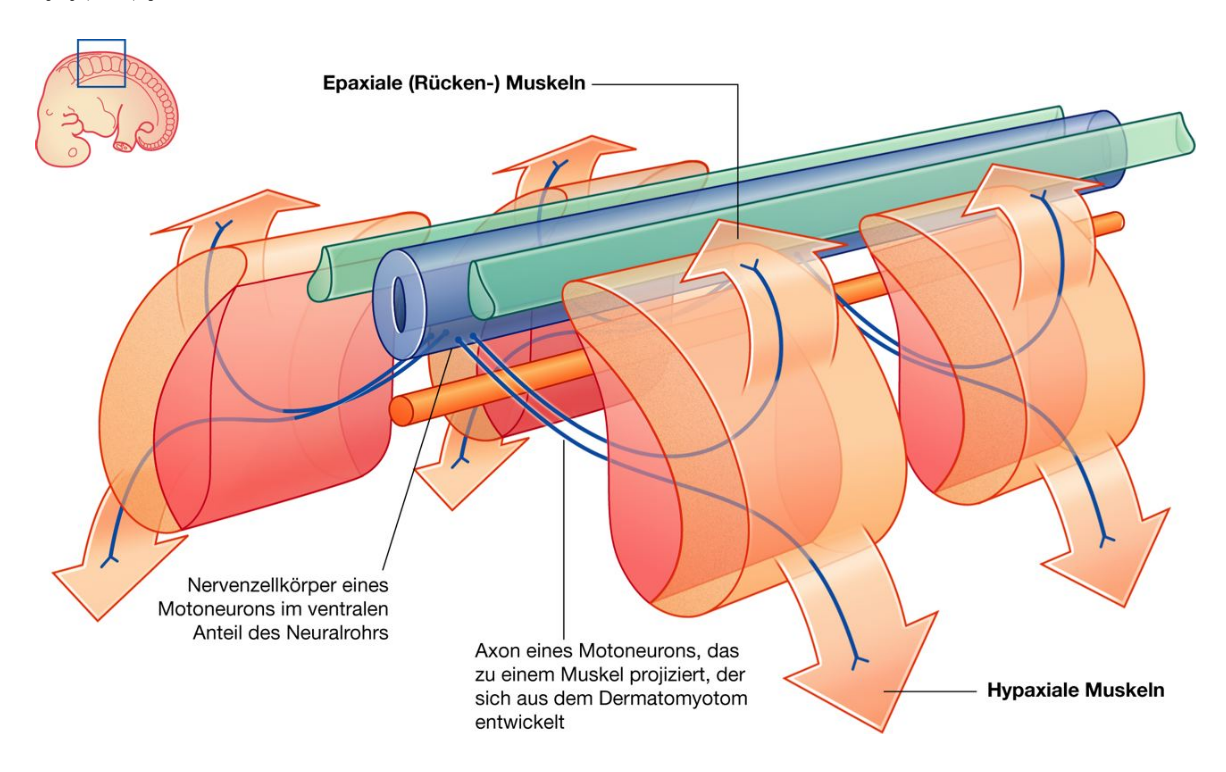
Somatosensible und somatomotorische Fasern sind segmental entlang dem Neuralrohr organisiert und werden Teil aller Spinalnerven sowie einiger Hirnnerven.

Die Zellkörper der sensiblen Nerven, die aus den Neuralleistenzellen hervorgehen, sind in Gruppen angeordnet und bilden außerhalb des ZNS sensible Ganglien.

Im Allgemeinen treten alle sensiblen Informationen über den dorsalen Anteil des Rückenmarks ein. Motorische Nervenfasern verlassen das Rückenmark ventral.

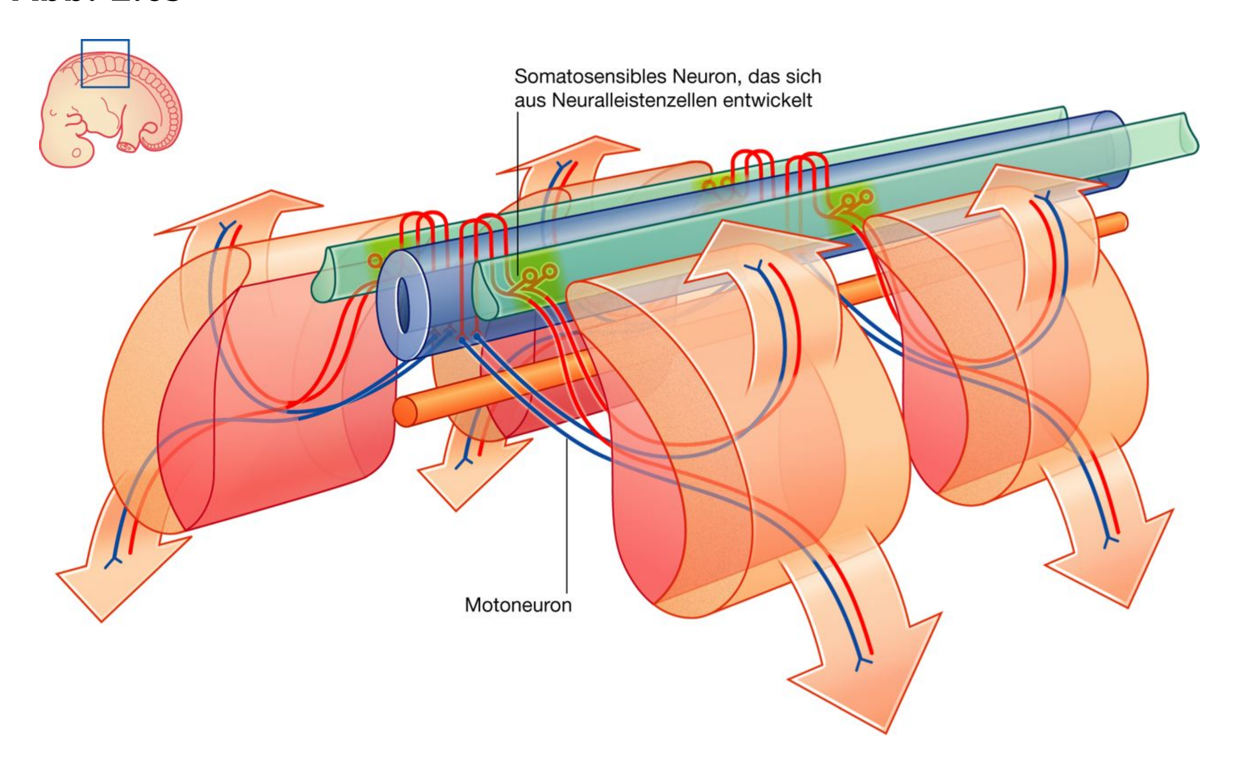
76
77

Abb. 2.62



Somatische Motoneurone.

Abb. 2.63



Somatosensible Neurone. Blaue Linien weisen auf motorische Nerven, rote Linien auf sensible Nerven.

77
78

Somatosensible Neurone leiten dem ZNS Informationen aus der Körperperipherie zu und werden auch als **somatosensible Afferenzen** bezeichnet. Die von den Nerven geleiteten Eigenschaften umfassen Temperatur, Schmerz, Berührung und Propriozeption. *Unter Propriozeption versteht man die Wahrnehmung der Stellungen und Bewegungen des Körpers (des muskuloskelettalen Systems) im Raum. Propriozeption wird über spezielle Rezeptoren in Muskeln, Sehnen und Bändern vermittelt.*

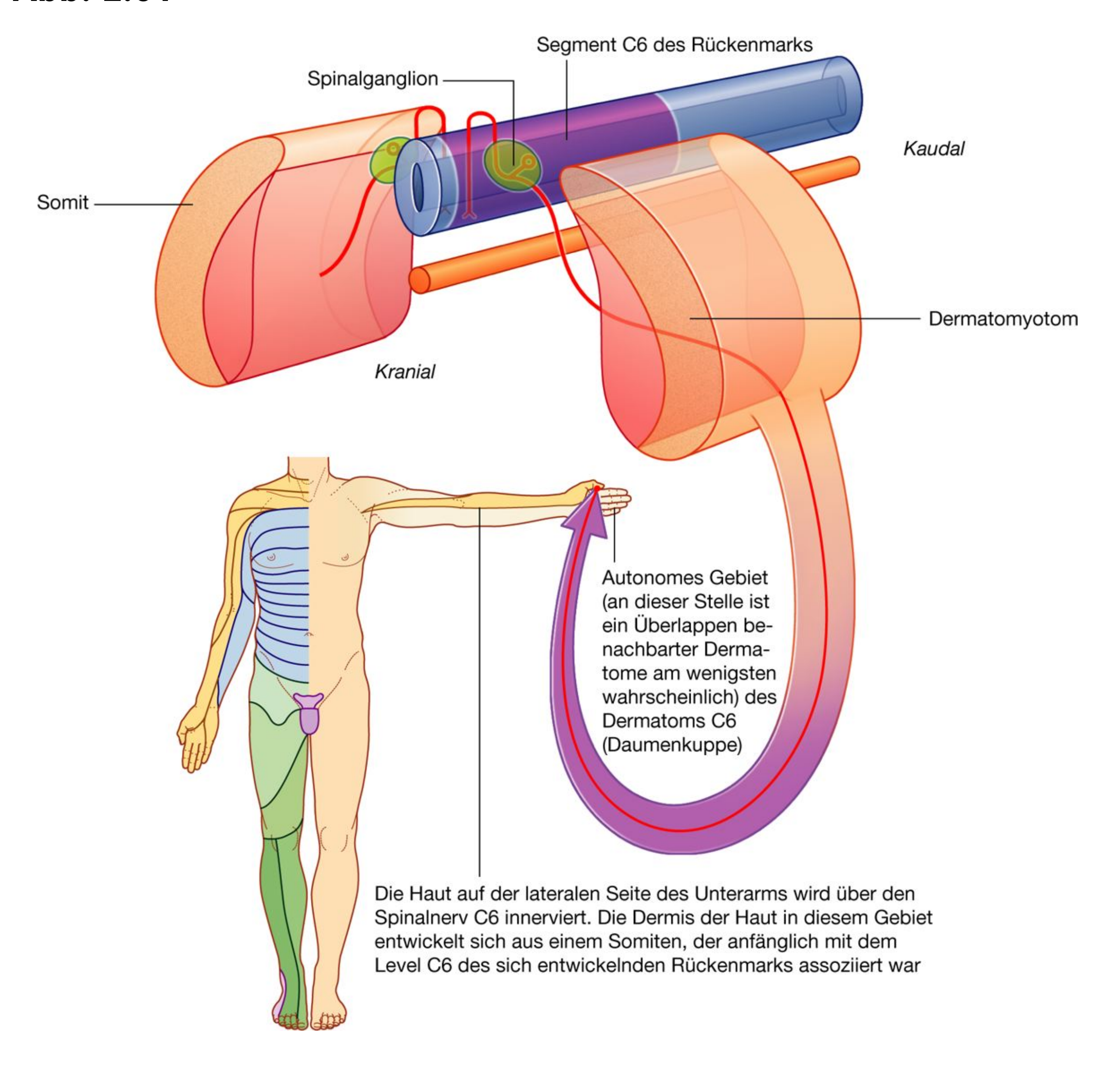
Somatomotorische Neurone leiten Informationen und Befehle vom ZNS zur Skelettmuskulatur. Sie werden auch als **somatomotorische Efferenzen** bezeichnet. Genauso wie somatosensible Afferenzen können die somatomotorischen Efferenzen sehr lang sein. Sie reichen von ihrem Nervenzellkörper im Rückenmark bis zu dem Muskel, den sie innervieren.

Dermatome

Da sich Zellen eines bestimmten Somiten jeweils in einem bestimmten Bereich in die Dermis umwandeln, wird diese Dermis von somatosensiblen Nervenfasern innerviert, die ursprünglich mit dem Somiten assoziiert waren und auf einer bestimmten Höhe über den Ramus posterior des entsprechenden Spinalnervs in das Rückenmark eintreten (Abb. 2.64). Jeder Spinalnerv leitet daher somatosensible Informationen eines spezifischen Hautareals der Körperoberfläche. Ein solches spezifisches Hautareal wird **Dermatom** genannt. Es wird von einem einzelnen Spinalnerven innerviert.

Benachbarte Dermatome überlappen einander. Allerdings gibt es in jedem Dermatom einen Bereich, der nur über den spezifischen Spinalnerv des entsprechenden Dermatoms innerviert wird. Diesen Bereich bezeichnet man als autonomes

Abb. 2.64



Dermatome.

78
79

Gebiet. *Die Testung der Berührungsempfindung kann bei einem Patienten, der bei Bewusstsein ist, genutzt werden, um Läsionen eines bestimmten Spinalnervs oder eines bestimmten Rückenmarkslevels zu lokalisieren.*

Klinik

Herpes zoster

Das Varicella-Zoster-Virus verursacht bei Erstkontakt (meist bereits im Kindesalter) Windpocken (Varizellen, Spitzblattern). Bei manchen Patienten verharrt es latent in den Spinalganglienzellen. Unter bestimmten Umständen wird das Virus reaktiviert und wandert

entlang den Nervenzellfortsätzen zur Körperperipherie in das von dem betroffenen Spinalnerven versorgte **Dermatom**. Hier erzeugt es einen charakteristischen, sehr schmerzhaften Hautausschlag mit Bläschenbildung. Das Krankheitsbild wird im Volksmund als Gürtelrose bezeichnet. Typisch ist die das gesamte Dermatom betreffende Hautveränderung. Sowohl Windpocken als auch Gürtelrose sind in hohem Maße ansteckend für Menschen, die noch nie Kontakt mit dem Virus hatten.

Myotome

Aus dem ventralen Anteil des Rückenmarks treten somatomotorische Nervenfasern aus, die aus einem Somiten hervorgegangen sind, und bilden gemeinsam mit den somatosensiblen Fasern des entsprechenden Levels einen Spinalnerv. Daher führt jeder Spinalnerv somatomotorische Fasern zu Muskeln, die ursprünglich aus einem entsprechenden Somiten hervorgegangen sind. Als **Myotom** bezeichnet man den Anteil eines Skelettmuskels, der von einem Spinalnervenlevel bzw. von einem Spinalnerv innerviert wird.

Myotome sind schwerer zu untersuchen als Dermatome, da jeder Skelettmuskel des Körpers normalerweise von Nerven aus mehr als einem Spinalnervenlevel innerviert wird (Abb. 2.65).

Die Testung von Bewegungen in aufeinanderfolgenden Gelenken kann helfen, Läsionen bestimmter Nerven oder eines bestimmten Spinalnervenlevels herauszufinden. Beispiele:

- Muskeln, die das Schultergelenk bewegen, werden überwiegend von Spinalnerven der Spinalnervenlevel C5 und C6 innerviert.
- Muskeln, die das Ellenbogengelenk bewegen, werden überwiegend von Spinalnerven der Spinalnervenlevel C6 und C7 innerviert.
- Muskeln, die die Hand bewegen, werden überwiegend von Spinalnerven der Spinalnervenlevel C8 und Th1 innerviert.

Viszeraler Anteil des Nervensystems

Wie der somatische Anteil besteht der viszerale Anteil des Nervensystems ebenfalls aus einer motorischen und einer sensiblen Komponente:

- Sensible Nerven registrieren Veränderungen in den Eingeweiden.
- Motorische Nerven innervieren überwiegend glatte Muskeln, Herzmuskeln und Drüsen.

Die viszeromotorische Komponente wird meist als **autonomer Anteil des PNS** bezeichnet und in **Sympathikus** und **Parasympathikus** unterteilt.

Wie der somatische Anteil ist auch der viszerale Anteil segmental angeordnet und entwickelt sich in vergleichbarer Weise (Abb. 2.66).

Die aus den Neuralleistenzellen entstandenen **viszerosensensiblen Neurone** entsenden Fortsätze nach medial in das benachbarte Neuralrohr und nach lateral in Gebiete, die mit dem sich entwickelnden Körper assoziiert sind. Diese sensiblen Neurone und ihre Zellfortsätze, die als

allgemeine viszerale Afferenzen bezeichnet werden, sind in erster Linie mit Chemorezeptoren, Mechanorezeptoren und Dehnungsrezeptoren assoziiert.

Die aus Zellen im lateralen Anteil des Neuralrohrs entstandenen **viszeromotorischen Neurone** entsenden Fortsätze aus dem ventralen Anteil des Neuralrohrs. Anders als im somatischen Anteil bilden diese Fortsätze, die **allgemeine viszerale Efferenzen** leiten, Kontakte mit anderen Zellen, meist mit anderen viszeromotorischen Neuronen, die sich außerhalb des ZNS aus Neuralleistenzellen bilden.

Die viszeromotorischen Neurone, deren Zellkörper innerhalb des Rückenmarks lokalisiert sind, werden als präganglionäre Motoneurone und ihre Axone als **präganglionäre Nervenfasern** bezeichnet. Die viszeromotorischen Neurone, deren Nervenzellkörper außerhalb des ZNS liegen, werden als postganglionäre Motoneurone und ihre Axone als **postganglionäre Nervenfasern** bezeichnet.

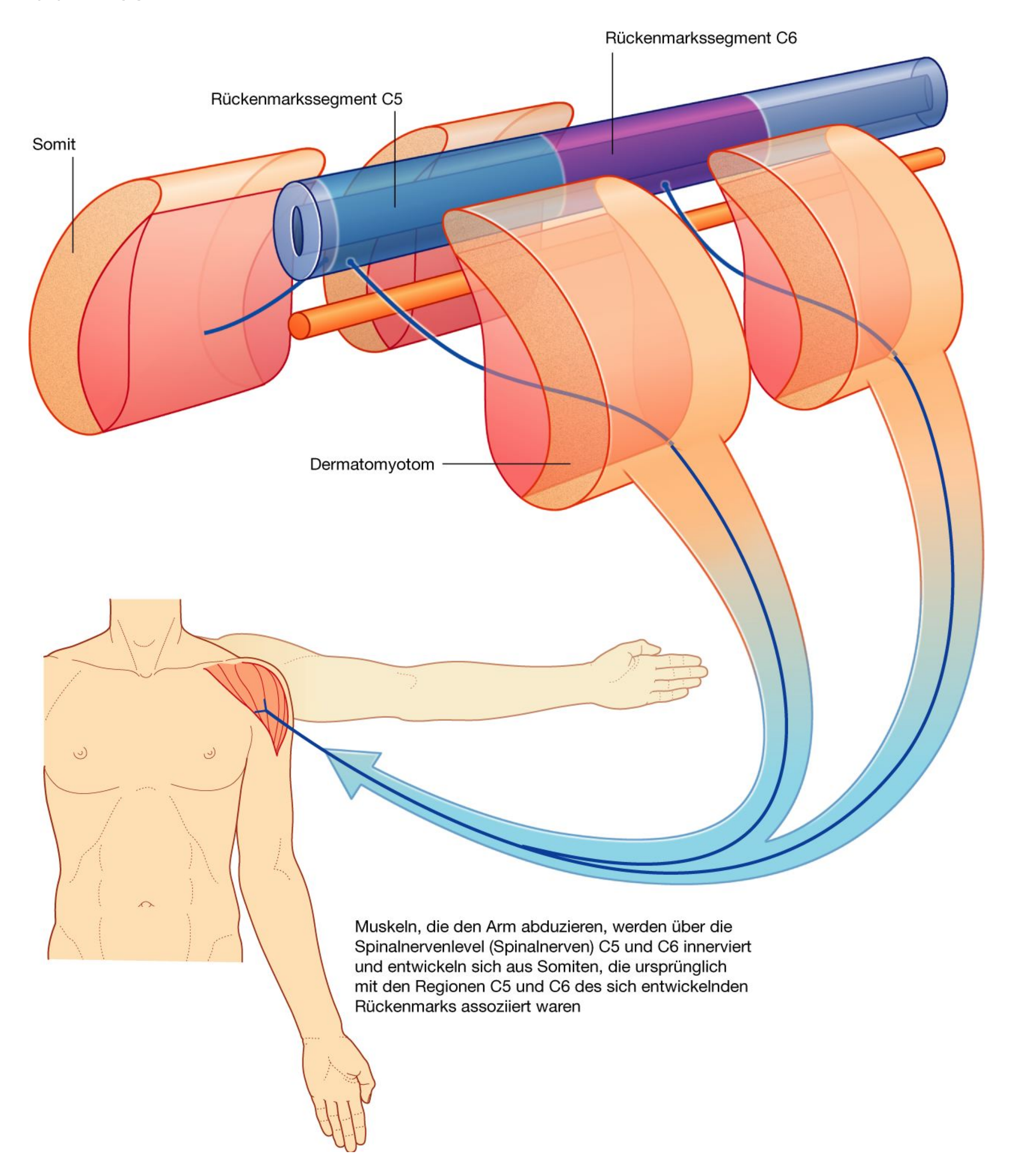
Oft liegen die Nervenzellkörper der viszeromotorischen Neurone außerhalb des ZNS in Gruppen vor, die man jeweils als **Ganglion** bezeichnet.

Die viszeromotorischen und viszerosensiblen Fasern ziehen gemeinsam mit ihren somatischen Äquivalenten in das ZNS und aus diesem hinaus. Präganglionäre Fasern der viszeromotorischen Neurone verlassen das Rückenmark über die Vorderwurzeln gemeinsam mit Nervenfasern der somatischen Motoneurone.

Postganglionäre Fasern, die zu Viszeralorganen in der Peripherie ziehen, kommen in den Rami dorsales und ventrales der Spinalnerven vor.

79

Abb. 2.65



Myotome.

Viszeromotorische und viszerosensible Fasern zu und von den Viszeralorganen bilden viszerale Äste mit eigenen Namen, die unabhängig von den somatischen Ästen verlaufen. Die Nerven bilden gewöhnlich Plexus, von denen kleine Äste zu den Viszeralorganen ziehen.

Die viszeromotorischen und viszerosensiblen Fasern ziehen nicht auf jeder Ebene zum ZNS oder verlassen es (Abb. 2.67):

- Im Kopfbereich sind die viszeralen Anteile mit vier der zwölf Hirnnerven assoziiert (III, VII, IX, X).

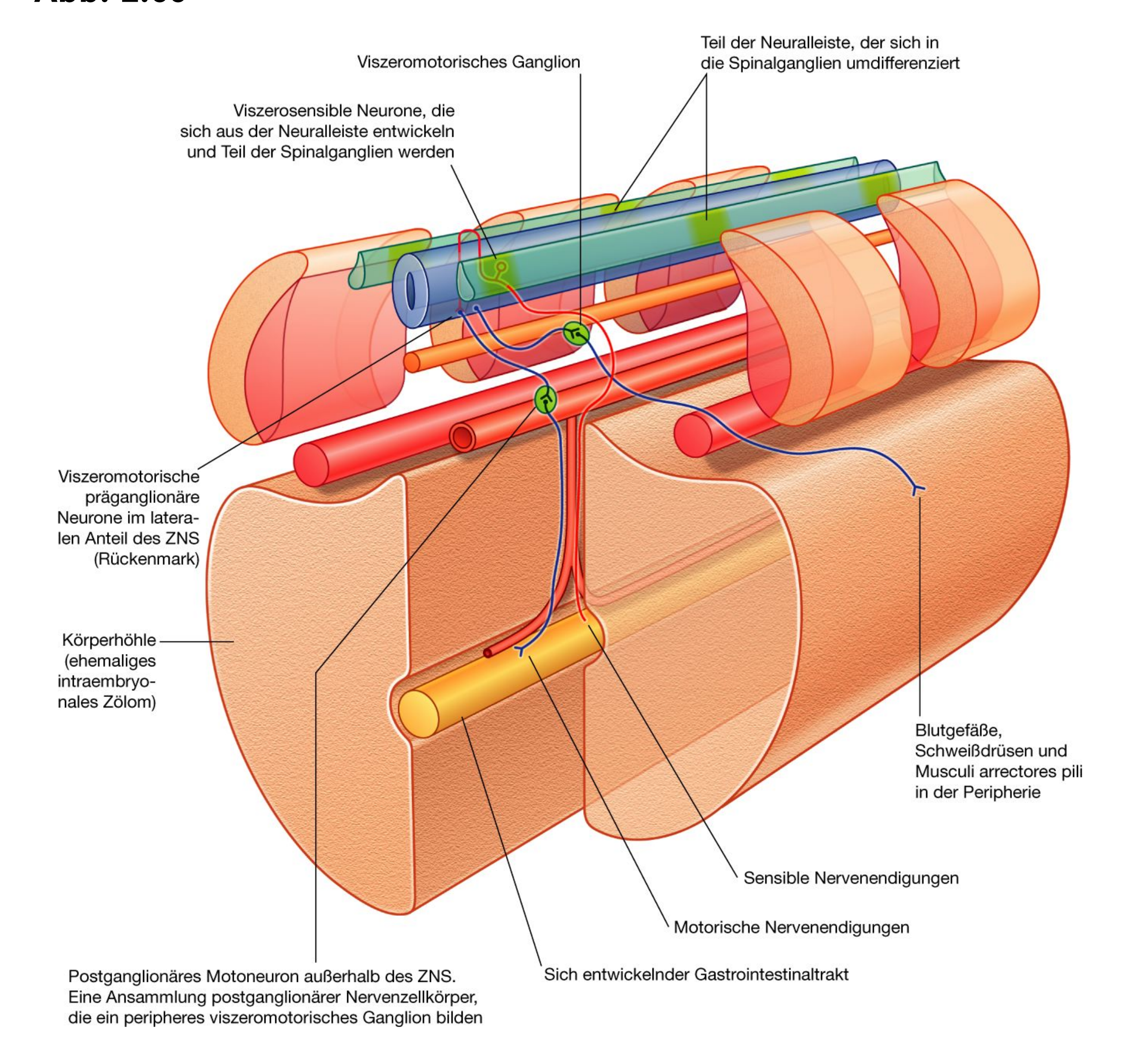
80
81

- Im Rückenmark sind die viszeralen Anteile hauptsächlich mit den Rückenmarksleveln Th1 – L2 sowie S2 – S4 assoziiert.

Viszeromotorische Anteile, die mit den Rückenmarksleveln Th1 – L2 assoziiert sind, werden als **Sympathikus** bezeichnet; viszeromotorische Anteile im Kopf und Sakralbereich als **Parasympathikus:**

- Der Sympathikus innerviert Strukturen in der Körperperipherie und die inneren Organe.
- Der Parasympathikus innerviert nur die inneren Organe.

Abb. 2.66



Entwicklung des viszeralen Anteils des Nervensystems.

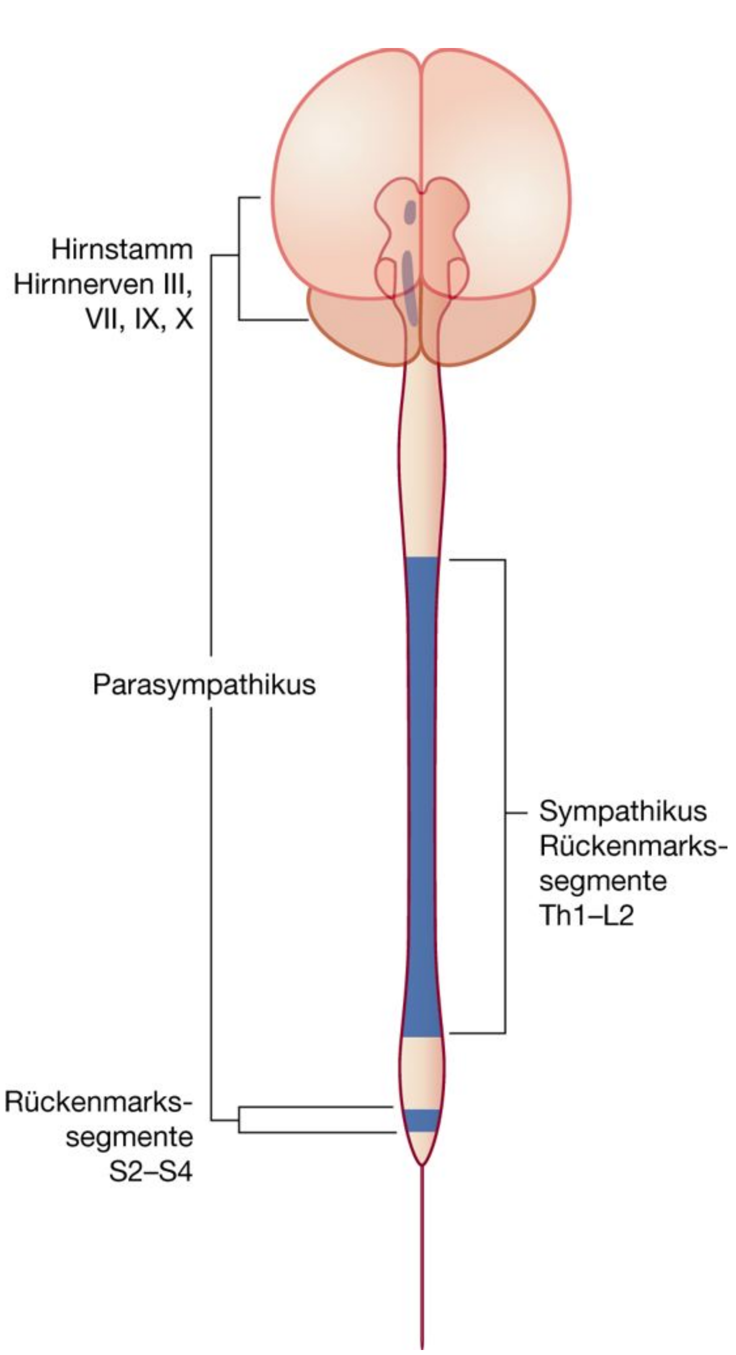
Sympathikus

Der sympathische Anteil des autonomen Anteils des PNS verlässt die thorakolumbale Region des Rückenmarks mit den somatischen Anteilen der Spinalnerven Th1 – L2 (Abb. 2.68). Auf jeder Körperseite ist paravertebral ein Truncus sympathicus (Grenzstrang) ausgebildet, der vom Schädel bis zum unteren Ende der Wirbelsäule reicht. Hier vereinigen sich die beiden Trunci ventral vor dem Os coccygis und bilden das Ganglion impar. Jeder Truncus ist mit den Rami ventrales der Spinalnerven fixiert, über welche die sympathischen Nervenfasern zur den inneren Organen gelangen.

81

82

Abb. 2.67



Anteile des ZNS, die mit viszeromotorischen Komponenten assoziiert sind.

Die viszeromotorischen präganglionären Fasern verlassen das Rückenmark auf Höhe Th1 bis L2 über die Vorderwurzeln. Sie verlaufen eine kurze Strecke im Ramus anterior des Spinalnervs und verlassen ihn über den **Ramus communicans albus**, um zum Grenzstrang zu gelangen. Der Truncus sympathicus (Grenzstrang) verläuft jeweils seitlich (paravertebral) an der Wirbelsäule und ventral der Rami anteriores der Spinalnerven. Entlang dem Grenzstrang sind vom Schädel bis zum unteren Ende der Wirbelsäule segmental Ganglien in den Grenzstrang eingelagert, die durch Ansammlungen postganglionärer Nervenzellkörper entstehen. In den Ganglien treten die Axone präganglionärer sympathischer Fasern mit den Nervenzellkörpern (postganglionärer sympathischer Nerven) in Kontakt. Jeder Ramus anterior der Spinalnerven Th1 bis L2 steht über den Ramus communicans albus, der die präganglionären sympathischen Axone führt, mit dem Grenzstrang in Kontakt. Er wird als Ramus communicans albus bezeichnet, weil die Fasern stark myelinisiert sind und ihm dadurch ein weißliches Aussehen verleihen.

Präganglionäre sympathische Nervenfasern, die zu einem paravertebralen Ganglion ziehen oder in den Grenzstrang über einen Ramus albus eintreten, können Folgendes vermitteln:

Periphere sympathische Innervation auf Höhe des Ursprungslevels der präganglionären Fasern

Präganglionäre sympathische Fasern können mit postganglionären Motoneuronen in Grenzstrangganglien in Kontakt treten, deren postganglionäre Axone über den **Ramus communicans griseus** (C1 bis Co) in den gleichen Ramus anterior eintreten und sich über die Rami posterior und anterior dieses Spinalnervs verteilen (Abb. 2.69). Die Fasern innervieren Strukturen in der Körperperipherie in Gebieten, die von diesem Spinalnerv erreicht werden. Der Ramus communicans griseus verbindet den Grenzstrang oder ein entsprechendes Ganglion mit dem Ramus anterior und enthält postganglionäre sympathische Nervenfasern. Er sieht grau aus, weil die postganglionären Fasern nicht myelinisiert sind. Der Ramus communicans griseus liegt medial vom Ramus communicans albus.

Periphere sympathische Innervation oberhalb oder unterhalb des Ursprungslevels der präganglionären Fasern

Präganglionäre sympathische Fasern können zu anderen Rückenmarksleveln auf- oder absteigen. Hier bilden sie in Grenzstrangganglien Kontakte. Die Grenzstrangganglien sind mit Spinalnerven assoziiert, die ebenfalls von viszeromotorischen Fasern direkt aus dem Rückenmark erreicht werden oder keinen viszeromotorischen Eingang haben (alle Spinalnerven außer Th1 – L2; Abb. 2.70).

Die postganglionären Fasern verlassen die entfernten Grenzstrangganglien über Rami communicantes grisei und verteilen sich anschließend über die Rami anteriores oder posteriores der Spinalnerven.

Die aufsteigenden und absteigenden Fasern bilden gemeinsam mit allen Ganglien den paravertebralen Truncus sympathicus (Grenzstrang), der sich entlang der gesamten

Wirbelsäule erstreckt. Durch die Anordnung des Grenzstrangs auf beiden Seiten der Wirbelsäule gelangen viszeromotorische Fasern des **Sympathikus (sympathischer Teil des autonomen Anteils des PNS)**, die letztlich nur aus einem kleinen Gebiet des Rückenmarks (Th1 – L2) kommen, zu Körperregionen, die von allen Spinalnerven innerviert werden.

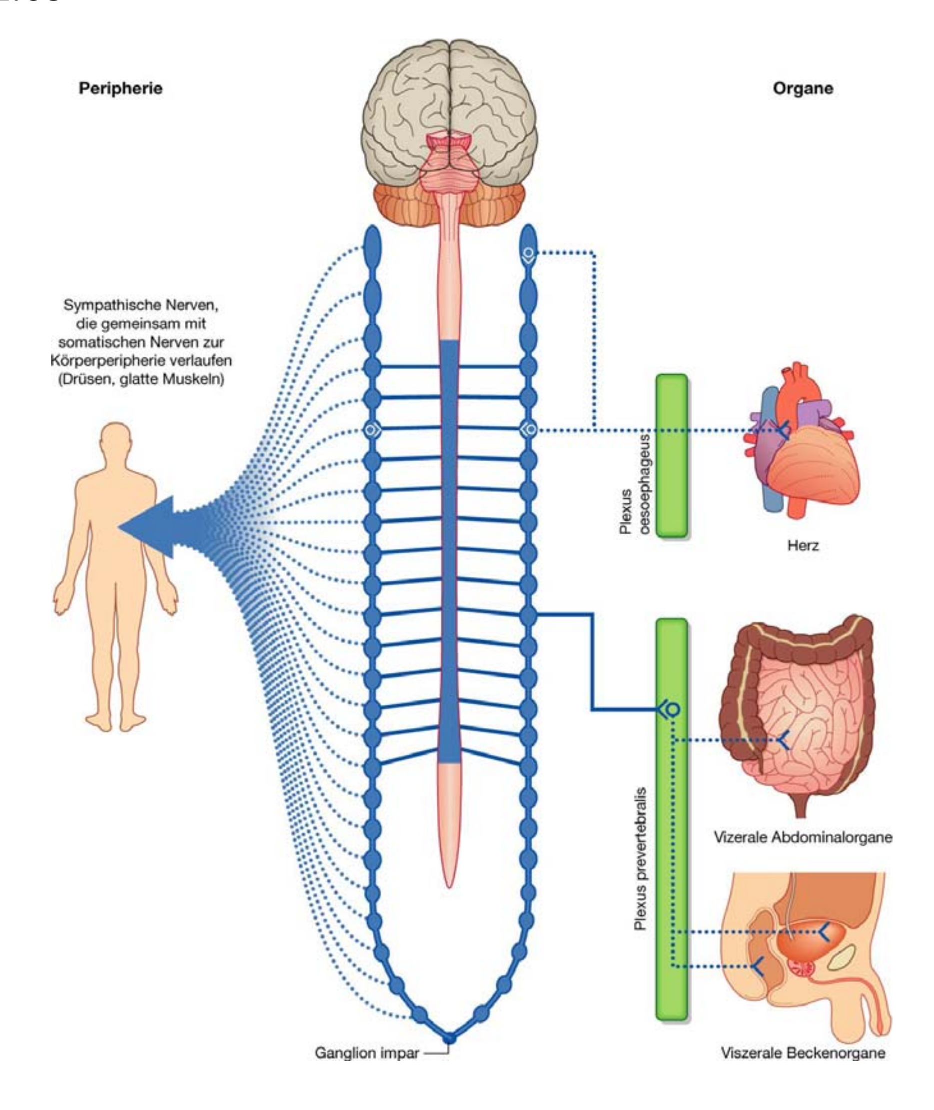
Rami communicantes albi kommen nur im Bereich der Spinalnerven Th1 bis L2 vor; Rami communicantes grisei sind hingegen mit allen Spinalnerven assoziiert.

82

83

Fasern aus den Rückenmarksleveln Th1 bis Th5 steigen hauptsächlich kranialwärts auf; Fasern der Rückenmarkslevel Th5 bis L2 steigen im Gegensatz dazu hauptsächlich ab. Sämtliche präganglionären Fasern für den Kopf gehen aus dem Rückenmarkslevel Th1 hervor und steigen im Grenzstrang zum oberen Grenzstrangganglion im Hals auf **(Ganglion cervicale superius)**. Hier treten die präganglionären Fasern mit postganglionären Nervenfasern in Kontakt, deren Axone gemeinsam mit Blutgefäßen die sympathisch innervierten Zielorgane (Schweißdrüsen, Blutgefäße, glatte Muskulatur im oberen Augenlid – Musculus tarsalis superior sowie den innerhalb des Auges gelegenen Musculus dilatator pupillae) erreichen und innervieren.

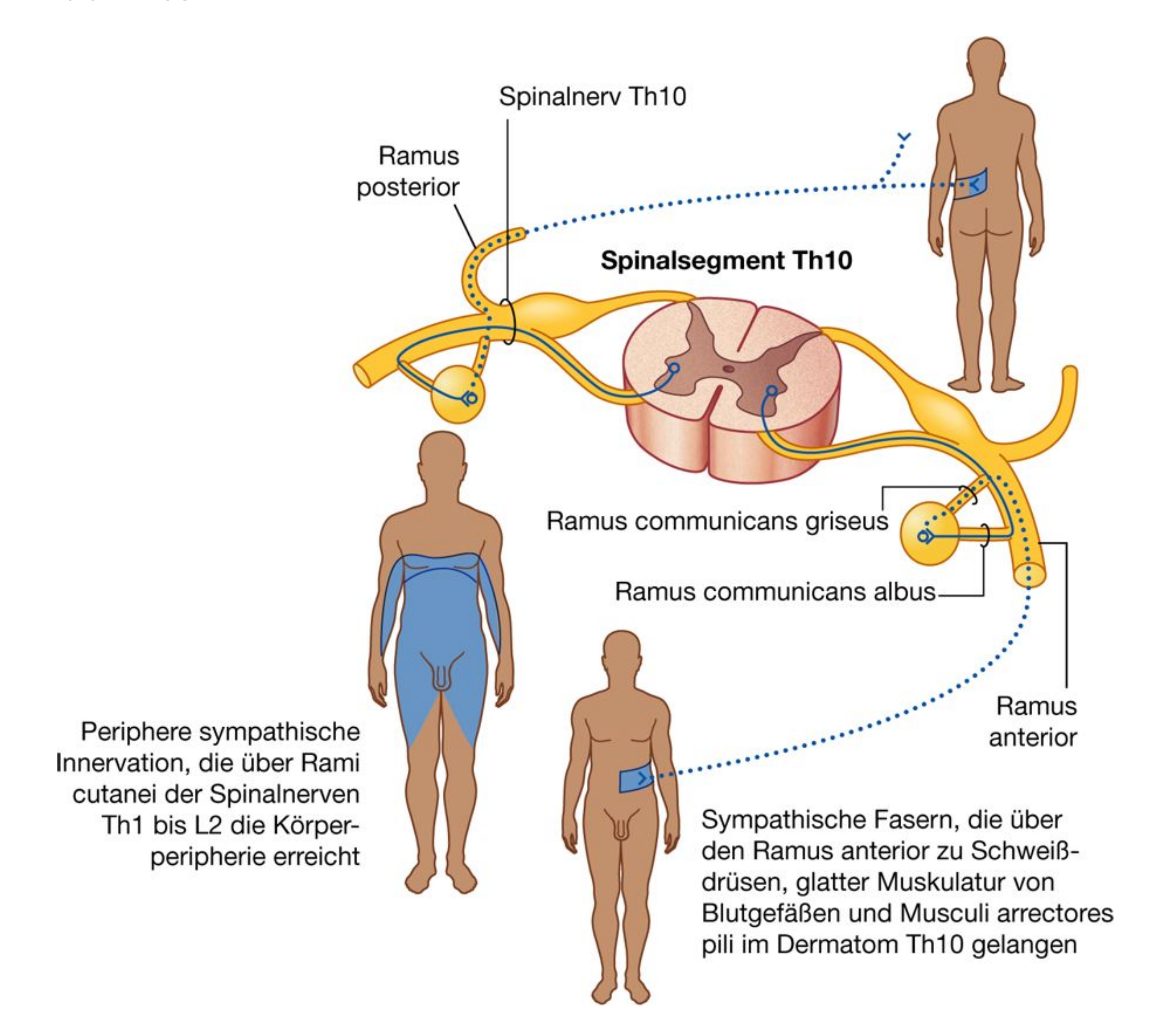
Abb. 2.68



Sympathischer Teil des autonomen Anteils des PNS.

83

Abb. 2.69



Verlauf sympathischer Fasern, die über dieselben Spinalnerven zur Körperperipherie gelangen, über die sie das Rückenmark verlassen.

Sympathische Innervation der Brust- und Halsorgane

Einige präganglionäre sympathische Fasern bilden in den Grenzstrangganglien Synapsen mit postganglionären sympathischen Neuronen, deren Axone den Grenzstrang medial verlassen, um Brust- und Halsorgane zu innervieren (Abb. 2.71). Nervenfasern können vor oder nach ihrer Kontaktbildung in einem Grenzstrangganglion innerhalb des Grenzstrangs aufsteigen. Die postganglionären Fasern können sich mit anderen postganglionären Fasern zu benannten Viszeralnerven, wie den Nervi cardiaci, verbinden. Oft ziehen diese Nerven gemeinsam mit Ästen des Parasympathikus und bilden auf oder nahe ihrer Zielorgane Plexus, wie den Plexus cardiacus und den Plexus pulmonalis. Äste der Plexus innervieren das Zielorgan. Die Rückenmarkslevel Th1 bis Th5 innervieren hauptsächlich Kopf-, Hals- und Brusteingeweide.

Sympathische Innervation des Abdomens, des Beckens und der Nebennieren

Einige präganglionäre sympathische Fasern ziehen durch den Grenzstrang und die Grenzstrangganglien, ohne Synapsen zu bilden. Diese Fasern bilden gemeinsam mit entsprechenden Fasern anderer Ebenen die Nervi splanchnici (Nervus splanchnicus major, Nervus splanchnicus minor, Nervus splanchnicus minimus, *der meist mit dem Nervus splanchnicus minor zu einem gemeinsamen Nervus splanchnicus minor zusammengefasst wird*, Nervi splanchnici pelvici und Nervi splanchnici sacrales), die in die Bauchhöhle und das Becken ziehen (Abb. 2.72). Die präganglionären Fasern dieser Nerven stammen aus den Rückenmarksleveln Th5 bis L2.

Die Nervi splanchnici treten normalerweise mit sympathischen Ganglien im Bereich der Wurzeln der großen Arterien in Kontakt, die die Aorta verlassen. Diese Ganglien sind Teil des großen Plexus prevertebralis, in den auch Teile des Parasympathikus ziehen (parasympathischer Teil des autonomen Anteils des PNS). Die postganglionären sympathischen Fasern aus dem Plexus gelangen überwiegend mit den Arterien zu den Eingeweiden des Abdomens und Beckens.

Der prävertebrale (präaortale) Plexus besteht aus folgenden Ganglien:

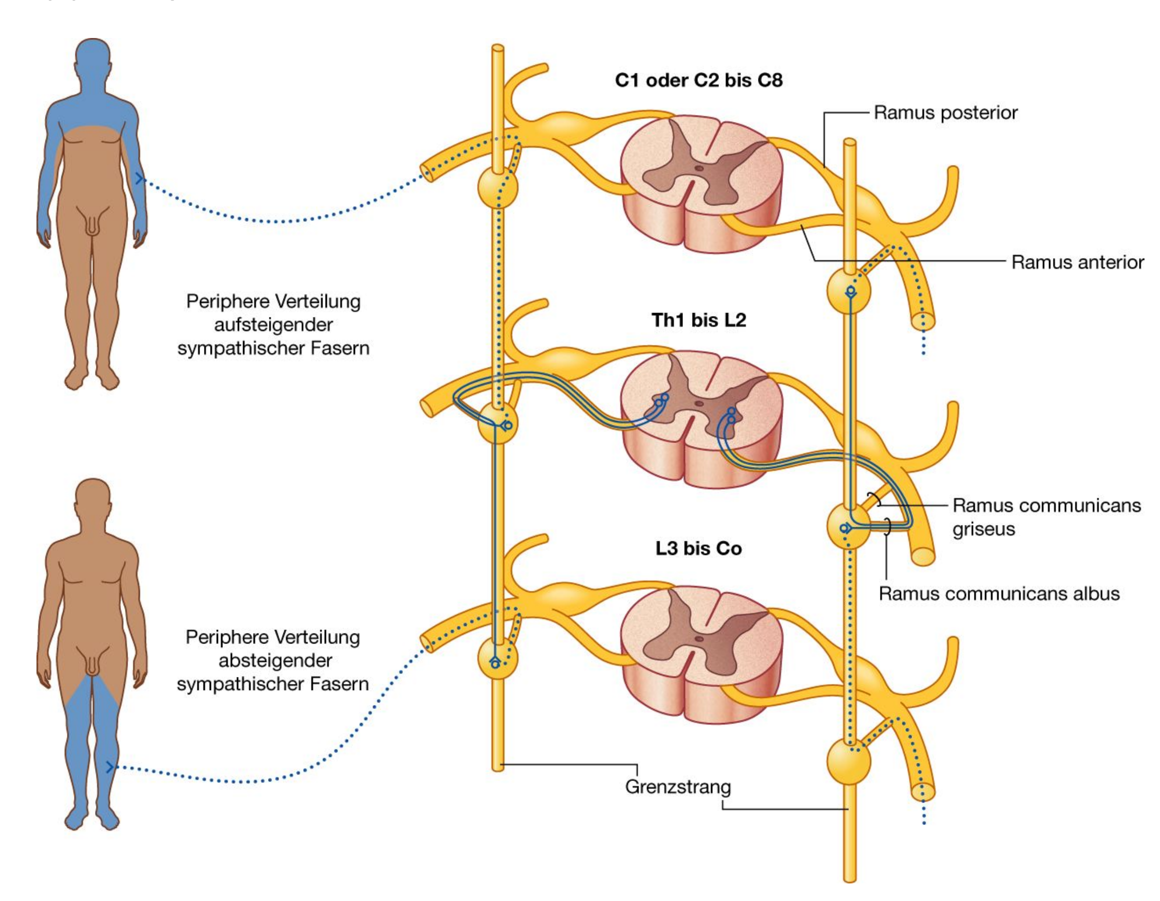
- Ganglia coeliaca (um den Truncus coeliacus)
- Ganglion mesentericum superius (um den Abgang der Arteria mesenterica superior)
- Ganglion mesentericum inferius (um den Abgang der Arteria mesenterica inferior)

84
85

- Ganglia aorticorenalia (um den Abgang der Arteriae renales)
- Ganglia renalia (um die Arteriae renales).

Von den Ganglien ziehen Fasern zum **Plexus aorticus abdominalis**, der die Aorta bis zu ihrer Aufteilung in die Arteriae iliacae communes geflechtartig umhüllt.

Abb. 2.70



Verlauf sympathischer Fasern, die die Körperperipherie über andere Spinalnerven erreichen, als sie das Rückenmark verlassen.

Einige präganglionäre Fasern werden nicht in den sympathischen Ganglien des Plexus prevertebralis umgeschaltet, sondern verlaufen ohne Umschaltung durch den Plexus zu den Nebennieren. Diese Fasern gehen direkte Kontakte mit Zellen des Nebennierenmarks ein. Sie sind Abkömmlinge postganglionärer sympathischer Neurone und sezernieren Adrenalin sowie Noradrenalin in das Gefäßsystem.

Der Plexus aorticus abdominalis setzt sich in die paarigen Plexus iliaci (um die Arteriae iliacae communes) und den unpaaren Plexus hypogastricus superior (über das Promontorium in das kleine Becken) fort. Er teilt sich in einen rechten und einen linken Nervus hypogastricus auf. Beide Nervi hypogastrici vereinigen sich anschließend zum Plexus hypogastricus inferior, der das Rectum umgibt.

Vor dem Os coccygis liegt schließlich noch das Ganglion coccygeum impar, das mit allen im Beckenbereich lokalisierten Ganglien zu den Ganglia pelvica zusammengefasst wird.

Parasympathikus

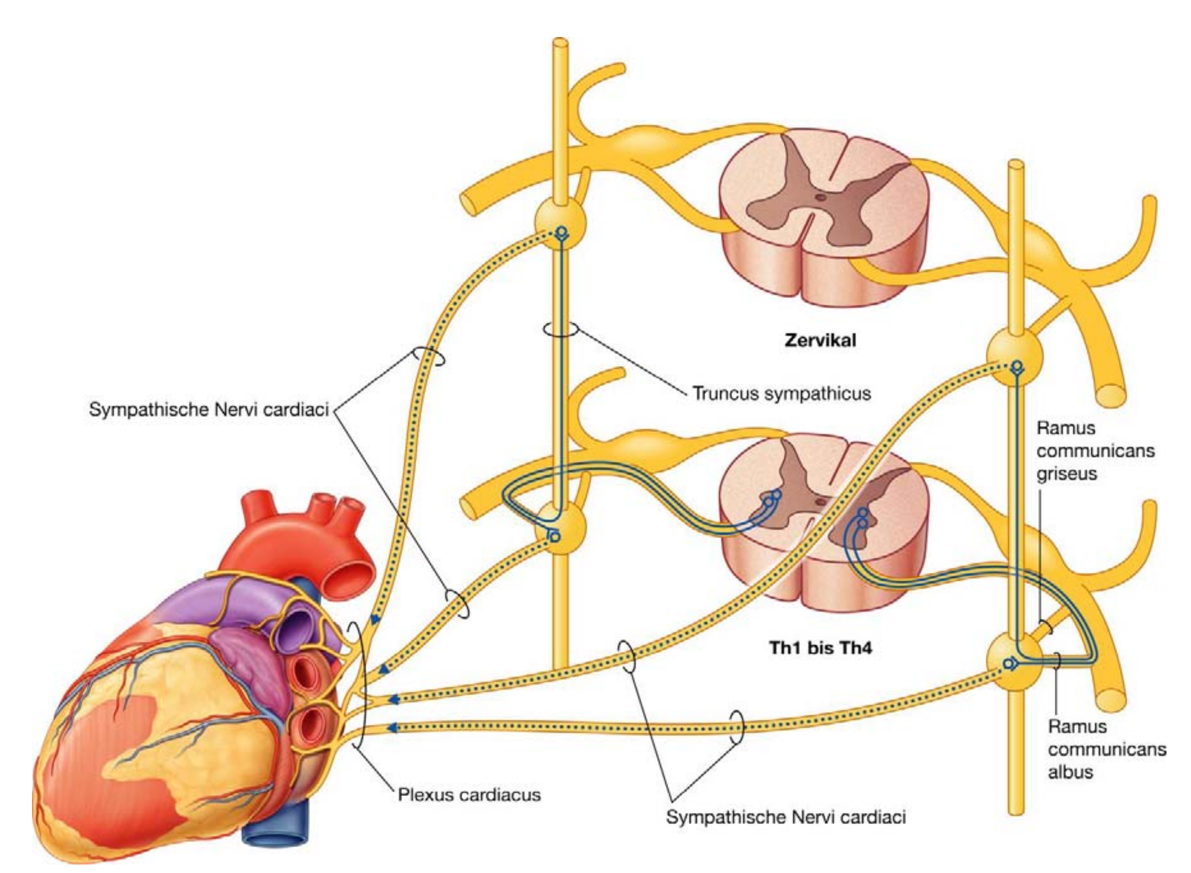
Der parasympathische Teil des autonomen Anteils des PNS, der Parasympathikus (Abb. 2.73), verlässt kraniale und sakrale Bereiche des ZNS in Assoziation mit

- den Hirnnerven III (Nervus oculomotorius), VII (Nervus facialis), IX (Nervus glossopharyngeus) und X (Nervus vagus) – III, VII und IX führen parasympathische Fasern einzig zu Strukturen im Bereich des Kopfes und Halses; der Nervus vagus [X] innerviert zusätzlich Brustorgane und die meisten Abdominaleingeweide;
- den Spinalnerven S2 bis S4 – die sakralen parasympathischen Fasern dienen der Innervation der unteren Abdominaleingeweide, der Beckeneingeweide und der Arterien der Schwellkörpergewebe im Bereich des Perineums (Damm).

85

86

Abb. 2.71



Verlauf sympathischer Fasern zum Herz.

Wie die viszeromotorischen Nerven des Sympathikus bestehen die viszeromotorischen Nerven des Parasympathikus normalerweise aus zwei Neuronen. Die präganglionären Neurone liegen im ZNS. Ihre Axone verlassen das ZNS mit den vier Hirnnerven und den Spinalnerven S2 bis S4.

Sakrale präganglionäre parasympathische Fasern

Im Sakralbereich bilden die präganglionären parasympathischen Fasern spezielle Viszeralnerven **(Nervi splanchnici pelvici)**, die aus den Rami anteriores der Spinalnerven von S2 bis S4 hervorgehen und zu den Beckenanteilen des Plexus prevertebralis um die Aorta ziehen. Die Fasern gelangen hauptsächlich mit Blutgefäßen zu den Becken- und Abdominaleingeweiden. Die postganglionären Motoneurone liegen in der Wand der

entsprechenden Eingeweide. In den gastrointestinalen Organen treten die präganglionären Fasern nicht mit postganglionären parasympathischen Motoneuronen in Kontakt, sondern werden direkt in kleinen Ganglien auf Neurone des enterischen Nervensystems umgeschaltet.

Präganglionäre parasympathische Fasern in Hirnnerven

Die präganglionären parasympathischen motorischen Fasern der Hirnnerven III, VII und IX verlassen die Nerven, um mit einem von vier verschiedenen Kopfganglien in Kontakt zu treten, die postganglionäre Motoneurone enthalten. Diese vier Ganglien liegen nahe den Hauptästen des Nervus trigeminus [V]. Die postganglionären Fasern verlassen die Ganglien, legen sich Ästen des Nervus trigeminus an und erreichen über diese ihre Zielorgane (Speicheldrüsen, Tränendrüsen, Musculus constrictor pupillae, Musculus ciliaris im Auge).

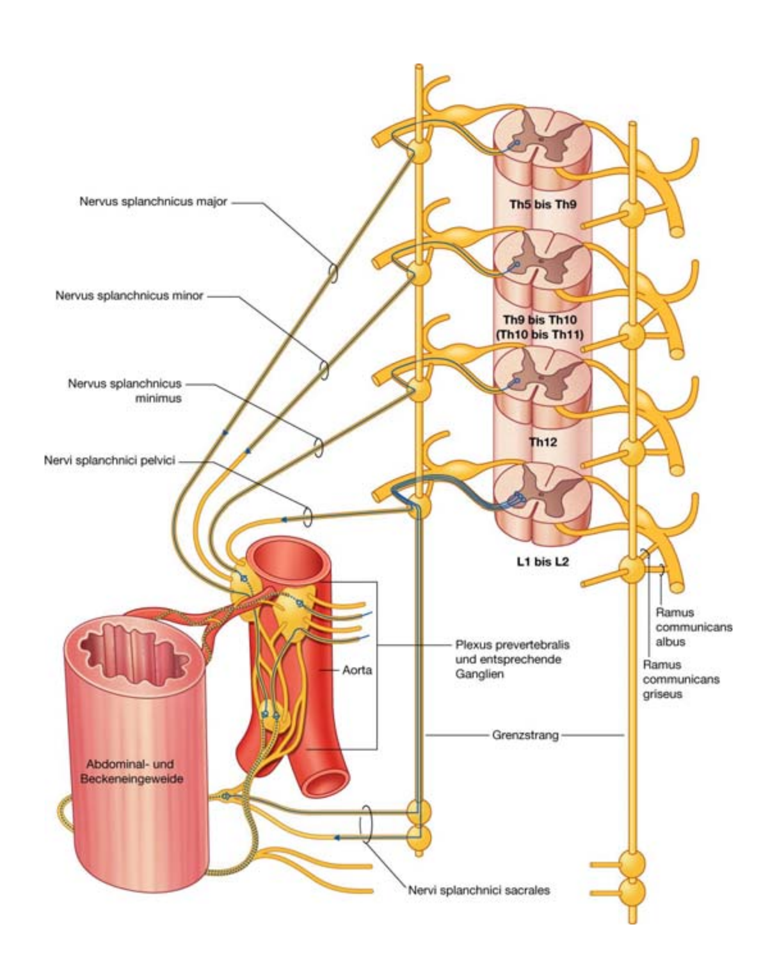
Der Nervus vagus [X] gibt in seinem Verlauf viszerale Äste ab. Diese verlaufen zu den Plexus, die mit den Brusteingeweiden oder mit dem großen Plexus prevertebralis im Abdomen und Becken assoziiert sind. Viele der Plexus enthalten ebenfalls sympathische Fasern.

Die nicht grundsätzlich vorhandenen postganglionären parasympathischen Neurone liegen in den Wänden der Zielorgane.

86

87

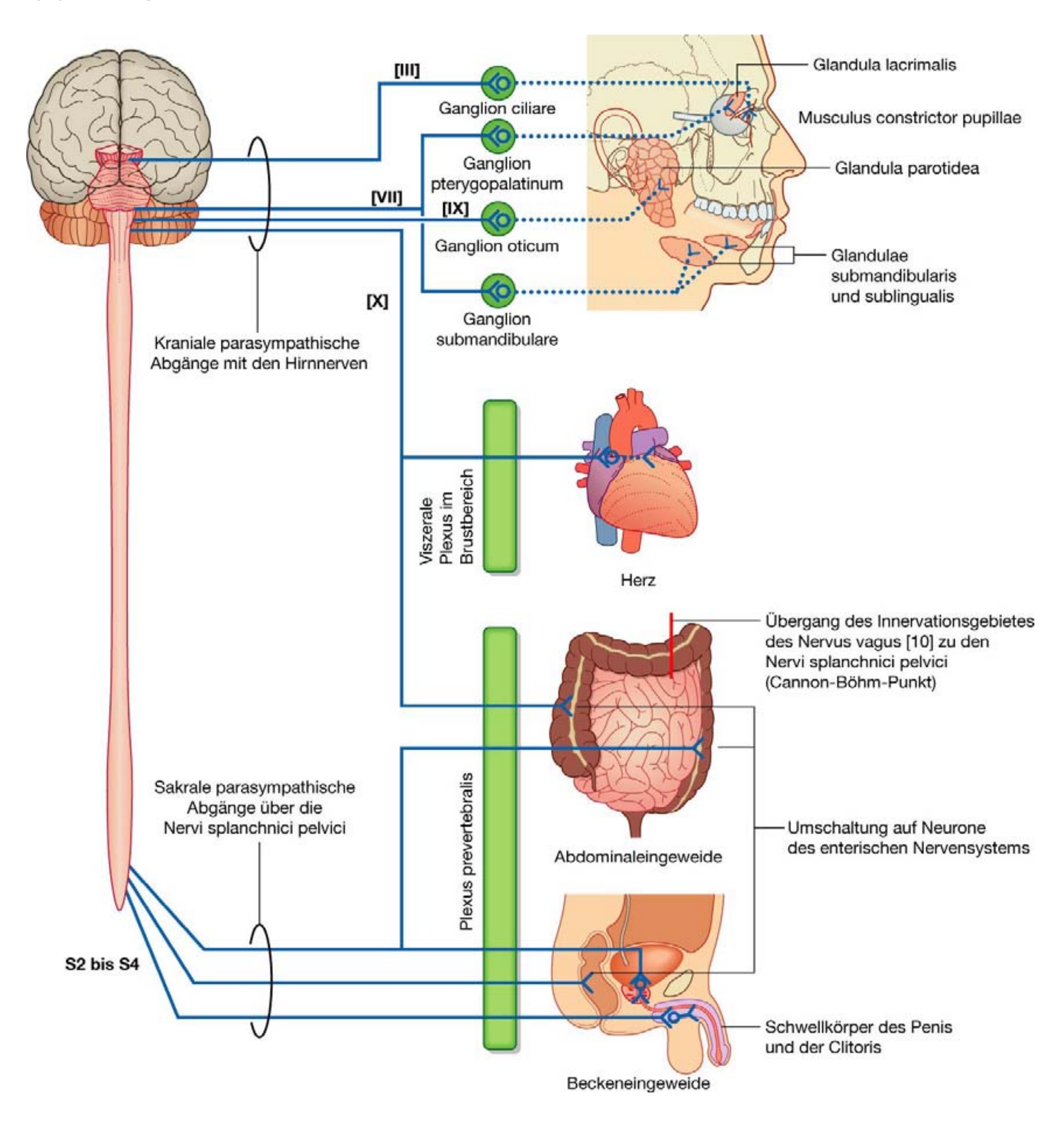
Abb. 2.72



Verlauf sympathischer Nerven zum Abdomen und zu den Beckeneingeweiden.

87

Abb. 2.73



Parasympathikus (parasympathischer Teil des autonomen Anteils des PNS).

Viszerosensible Innervation (viszerale Afferenzen)

Viszerosensible Fasern begleiten normalerweise viszeromotorische Fasern.

Viszerale Afferenzen, die sympathische Fasern begleiten

Viszerale Afferenzen folgen dem Verlauf sympathischer Fasern, die auf Höhe des gleichen Rückenmarkslevels in das Rückenmark eintreten. Allerdings können viszerale Afferenzen auch in Bereichen in das Rückenmark eintreten, die nicht mit motorischen Ausgängen assoziiert sind. So treten beispielsweise viszerosensible Fasern vom Herz oberhalb des Rückenmarklevels Th1 ein. Viszerale Afferenzen, die sympathische Fasern begleiten, dienen überwiegend der Schmerzweiterleitung.

Viszerale Afferenzen, die parasympathische Fasern begleiten

Viszerale Afferenzen, die parasympathische Fasern begleiten, findet man hauptsächlich in den Hirnnerven IX und X sowie den Spinalnerven S2 bis S4.

Viszerale Afferenzen des Nervus glossopharyngeus [IX] leiten Informationen der Chemorezeptoren und Barorezeptoren aus den Gefäßwänden der großen Halsarterien sowie von Rezeptoren im Pharynx.

Viszerale Afferenzen des Nervus vagus [X] leiten Informationen von den Halseingeweiden sowie von den Hauptgefäßen und Eingeweiden des Thorax und des Abdomens.

Viszerale Afferenzen von den Beckeneingeweiden und distalen Abschnitten des Kolons werden über S2 bis S4 vermittelt.

Die viszeralen Afferenzen, die mit parasympathischen Fasern assoziiert sind, dienen in erster Linie dazu, Informationen über den Status normaler physiologischer Prozesse und über die Reflexaktivitäten zu vermitteln.

Enterisches Nervensystem

Das enterische Nervensystem besteht aus motorischen und sensiblen Neuronen und ihren Stützzellen, die zwei untereinander in Verbindung stehende Plexus bilden, den Plexus myentericus (Auerbach) und den Plexus submucosus (Meissner). Beide liegen in der Wand des Gastrointestinaltrakts (Abb. 2.74). Jeder Plexus wird gebildet von

- Ganglien, die die Nervenzellkörper enthalten, sowie assoziierten Zellen;
- Nervenfaserbündeln, die zwischen den Ganglien verlaufen und von den Ganglien zu den umgebenden Geweben ziehen.

Die Nervenzellen des enterischen Nervensystem sind Abkömmlinge von Neuralleistenzellen, die ursprünglich mit okzipitozervikalen und sakralen Regionen assoziiert waren. Interessanterweise soll das enterische Nervensystem aus mehr Neuronen bestehen als das Rückenmark selbst.

Die sensiblen und motorischen Neurone des enterischen Nervensystems kontrollieren die Reflexaktivität innerhalb und zwischen einzelnen Teilen des Gastrointestinaltrakts. Diese Reflexe regulieren die Peristaltik, die Sekretionsaktivität und den Gefäßtonus. Die Aktivitäten laufen unwillkürlich ohne die übergeordnete Kontrolle des Gehirns und des Rückenmarks ab und können über präganglionäre parasympathische und postganglionäre sympathische Fasern modifiziert werden.

Sensible Informationen aus dem enterischen Nervensystem werden über viszerale Afferenzen zurück zum ZNS geleitet.

Nervenplexus

Nervenplexus sind entweder somatisch oder viszeral und umfassen Fasern verschiedener Qualitäten und Level. Aus ihnen gehen Nerven zu verschiedenen Zielgeweben und organen ab (Abb. 2.75). Die Plexus des enterischen Nervensystems generieren unabhängig vom ZNS Reflexaktivitäten.

Somatische Plexus

Die großen somatischen Plexus werden von den Rami anteriores der Spinalnerven gebildet und umfassen den Plexus cervicalis (C1 – C4), den Plexus brachialis (C5 – Th1), den Plexus lumbalis (L1 – L5), den Plexus sacralis (L4 – S1) und den Plexus coccygeus (S5 – Co). Mit Ausnahme des Spinalnervs Th1 verlaufen die Rami anteriores der thorakalen Spinalnerven unabhängig und beteiligen sich nicht an der Plexusbildung.

Viszerale Plexus

Viszerale Nervenplexus bilden sich gemeinsam mit den Eingeweiden und enthalten normalerweise efferente (sympathische und parasympathische) und afferente Anteile (Abb. 2.75). Diese Plexus umfassen den Plexus cardiacus und den Plexus pulmonalis im Thorax sowie den großen prävertebralen Plexus im Abdomen vor der Aorta, der sich nach kaudal bis zu den lateralen Wänden des Beckens erstreckt. Der Plexus prevertebralis leitet Efferenzen zu und nimmt Afferenzen aus allen Bauch- und Beckeneingeweiden auf.

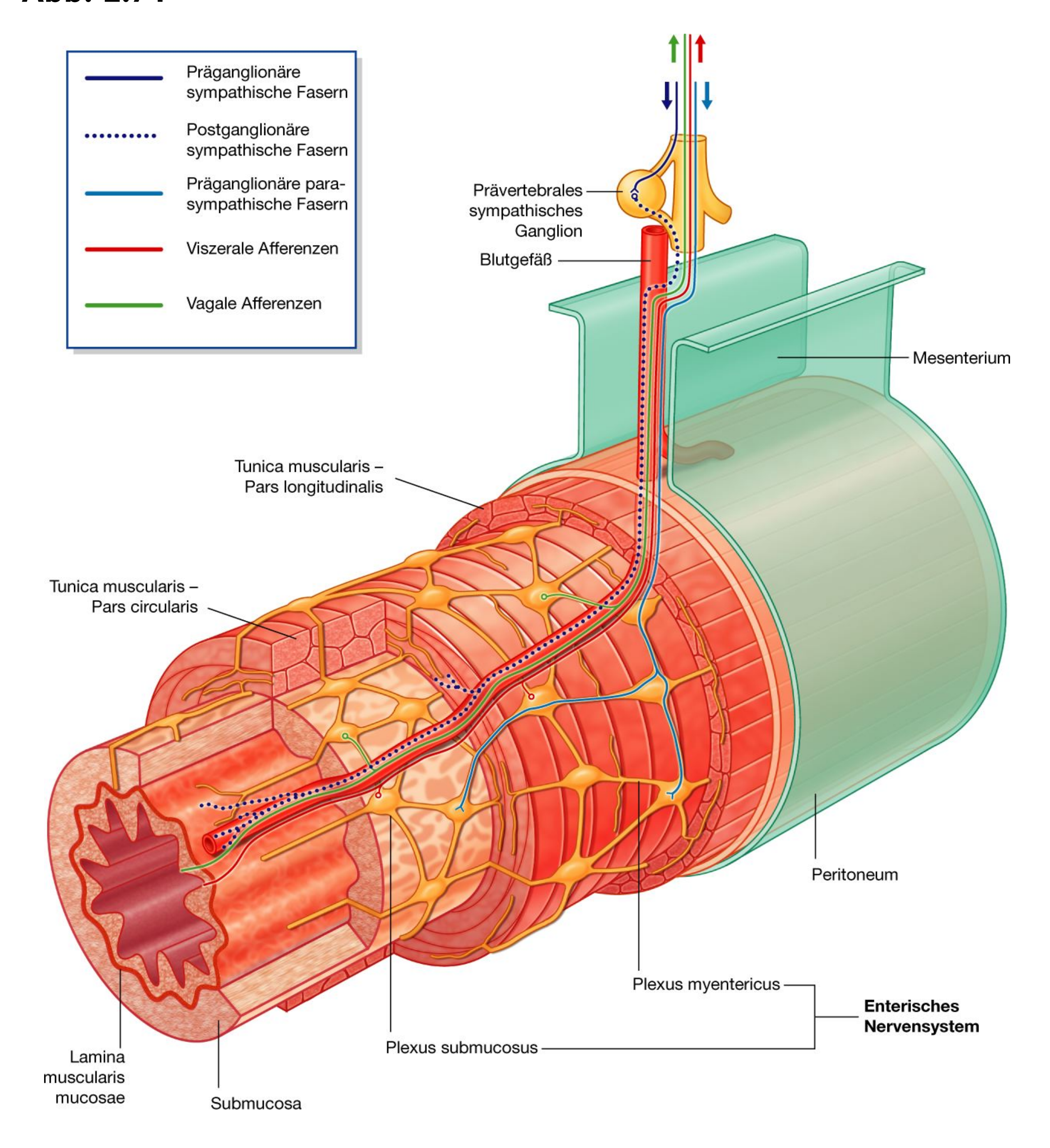
Übertragener Schmerz

Unter übertragenem Schmerz versteht man eine Fehlinterpretation von Eingeweideschmerzen durch das Gehirn. Dabei werden viszerale Schmerzen nicht an ihrem Entstehungsort, sondern in entfernten Hautarealen (Head-Zonen) wahrgenommen, die über dasselbe Rückenmarkslevel innerviert werden. Normalerweise kommt es zum übertragenen Schmerz, wenn die 89 90 Schmerzinformation aus einer Region wie dem Darm kommt, die eine geringe Menge an sensiblen Afferenzen besitzt. Diese konvergieren auf Höhe desselben Rückenmarkslevels gemeinsam mit Afferenzen eines bestimmten Hautareals, das eine große Menge sensibler Afferenzen besitzt. Dadurch lokalisiert das Gehirn den Eingeweideschmerz in die korrespondierende Hautregion.

Schmerz wird meist aus Regionen, die vom viszeralen Anteil des Nervensystems innerviert werden, in Regionen übertragen, die vom somatischen Anteil des Nervensystems innerviert werden und auf Höhe desselben Rückenmarkslevels liegen.

Schmerz kann aber auch aus einer somatischen Region in eine andere übertragen werden. So werden peritoneale Reizungen auf der Unterseite des Zwerchfells, das vom Nervus phrenicus innerviert wird, in ein Hautareal im Bereich der Schulterspitze übertragen, das von somatischen Nerven innerviert wird, die auf Höhe desselben Rückenmarkslevels entspringen.

Abb. 2.74

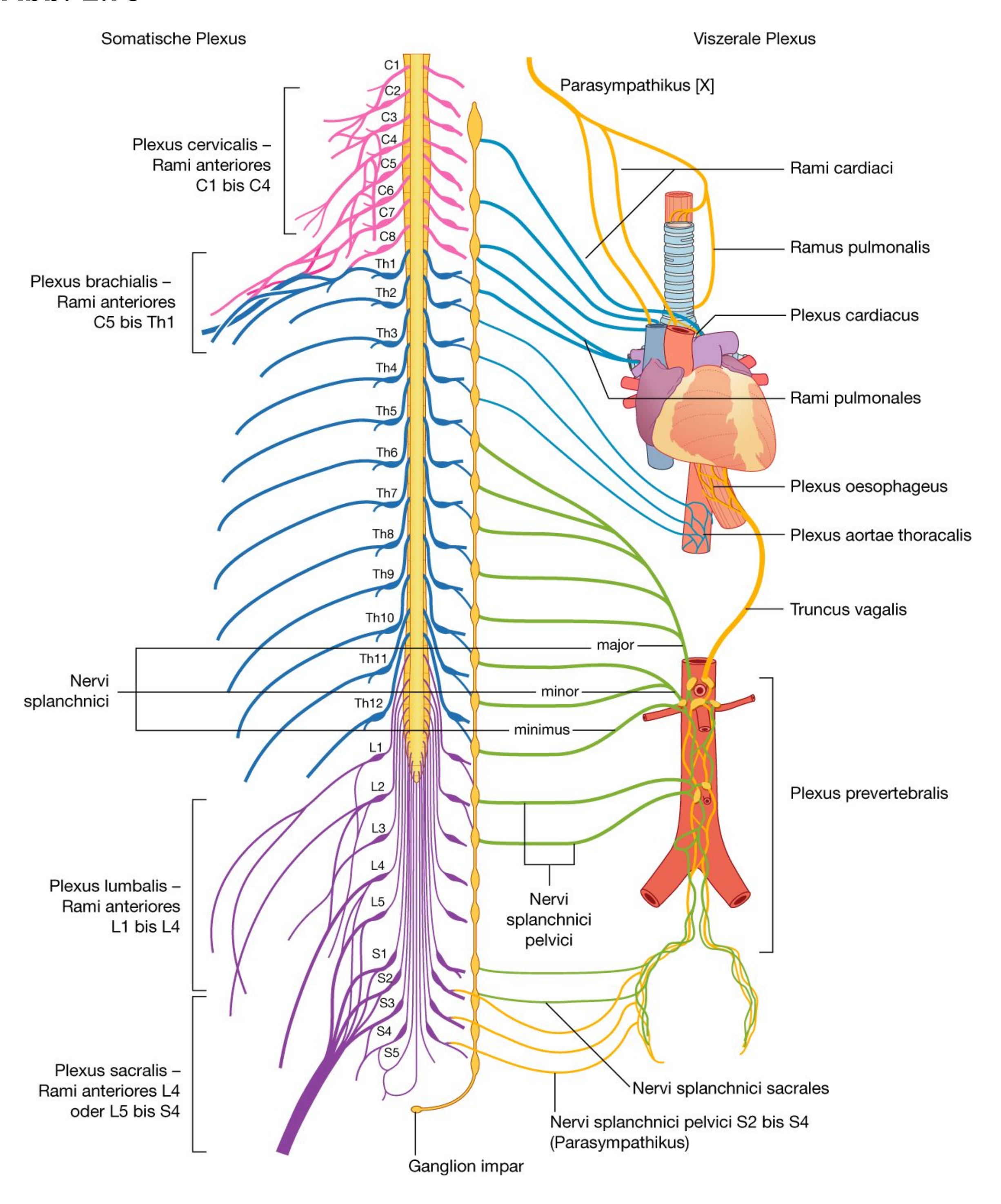


Enterischer Teil des Nervensystems.

90

91

Abb. 2.75



Nervenplexus.

91
92

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie des Rückens

Die Oberflächeneigenschaften des Rückens werden genutzt, um Muskelgruppen zur Testung peripherer Nerven zu lokalisieren, um verschiedene Regionen der Wirbelsäule zu bestimmen und

um die ungefähre Position des unteren Rückenmarksendes zu bestimmen. Sie werden außerdem genutzt, um die Lage von Organen zu bestimmen, die dorsal in Thorax und Abdomen liegen.

Fehlen seitlicher Krümmungen

Beim Blick von hinten zeigt die Wirbelsäule keine seitlichen Krümmungen. Die vertikal verlaufende Hautfurche zwischen den Muskelgruppen beidseits der Mittellinie verläuft gerade (Abb. 2.76).

Primäre und sekundäre Krümmungen in der Sagittalebene

Beim Blick von der Seite besitzt die Wirbelsäule zwei primäre Krümmungen im Brust- und im Kreuzbein/Steißbeinbereich sowie zwei sekundäre Krümmungen im Hals- und im Lendenbereich (Abb. 2.77). Die primären Krümmungen sind ventral konkav, die sekundären sind dorsal konkav.

Abb. 2.76



Normalansicht des Rückens. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Hilfreiche nichtvertebrale knöcherne Landmarken

Eine Reihe leicht tastbarer Knochenpunkte bildet nützliche Landmarken, um Muskeln zuzuordnen und Strukturen zu lokalisieren, die mit der Wirbelsäule assoziiert sind. Hierzu gehören u.a. die Protuberantia occipitalis externa, die Scapula und die Crista iliaca (Abb. 2.78).

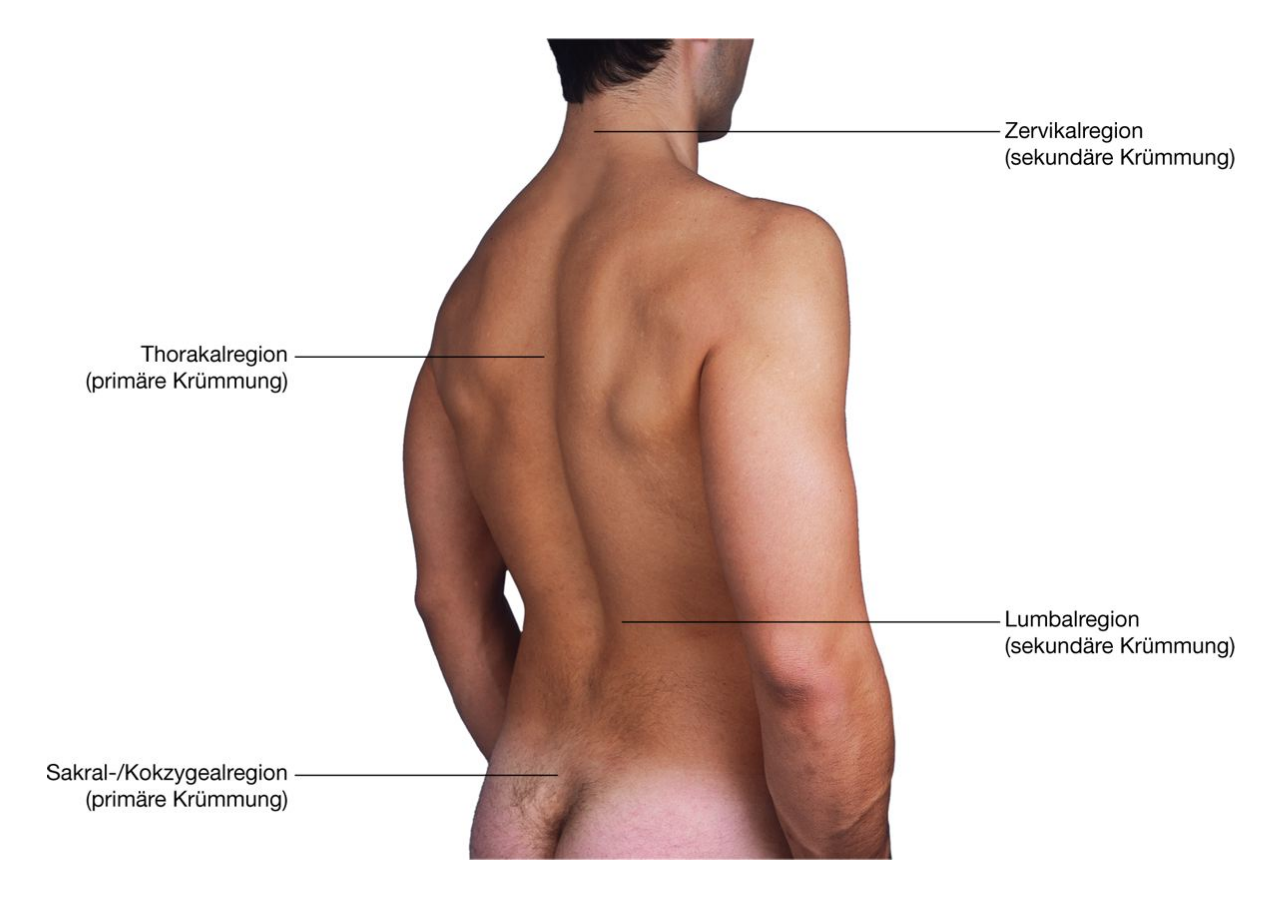
Die Protuberantia occipitalis externa ist in der Mittellinie auf der Rückseite des Kopfes unmittelbar oberhalb des Haaransatzes tastbar.

Die Spina scapulae, der Margo medialis und der Angulus inferior der Scapula sind meist leicht zu erkennen und zu tasten.

Die Crista iliaca ist in ihrer gesamten Ausdehnung tastbar, von der Spina iliaca anterior superior am seitlichen unteren Rand der vorderen Bauchwand bis zur Spina iliaca posterior superior nahe der Rückenbasis. Die Position der Spina iliaca

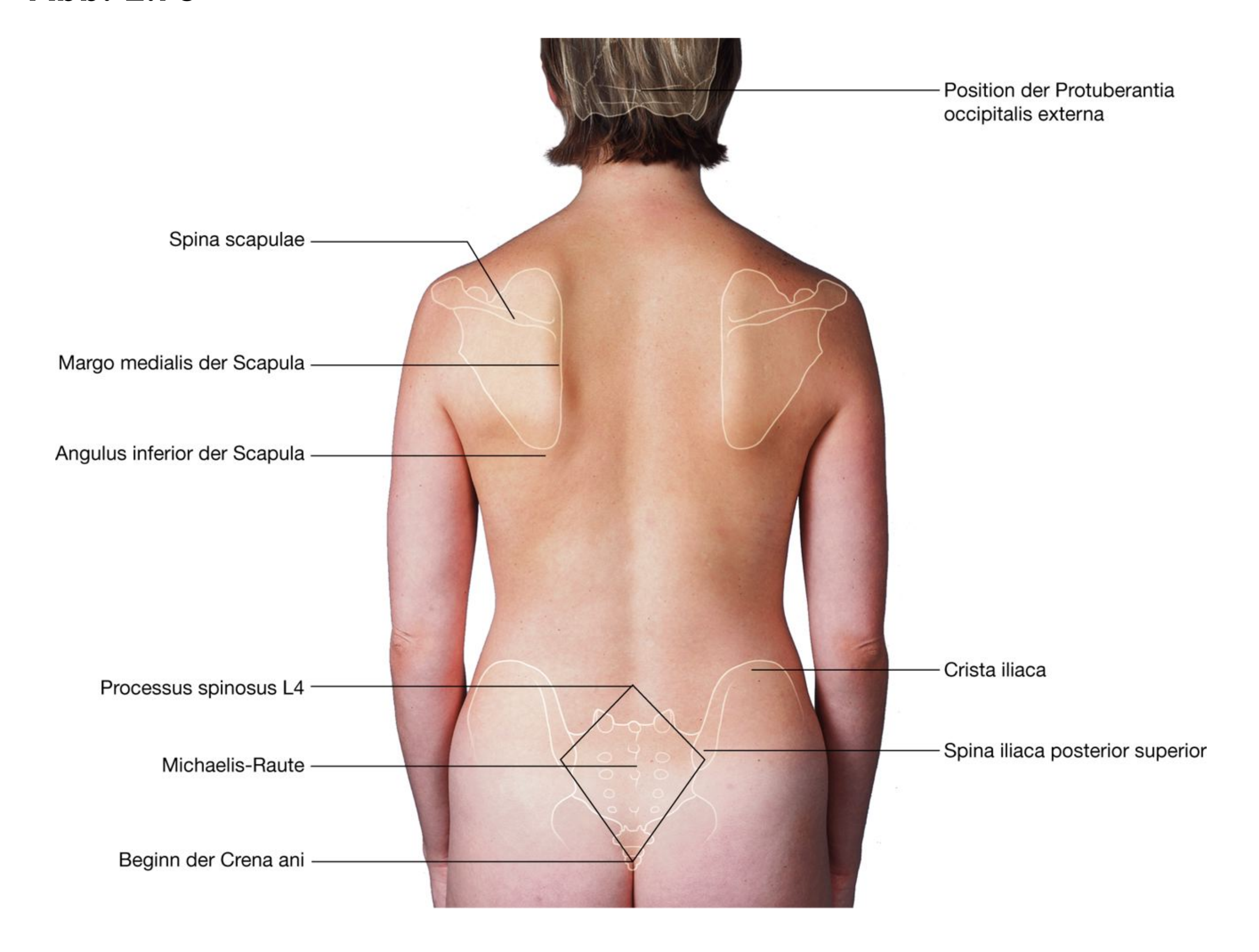
92
93

Abb. 2.77



Normale Krümmungen der Wirbelsäule.

Abb. 2.78



Gut tastbare Knochenpunkte auf dem Rücken einer Frau.

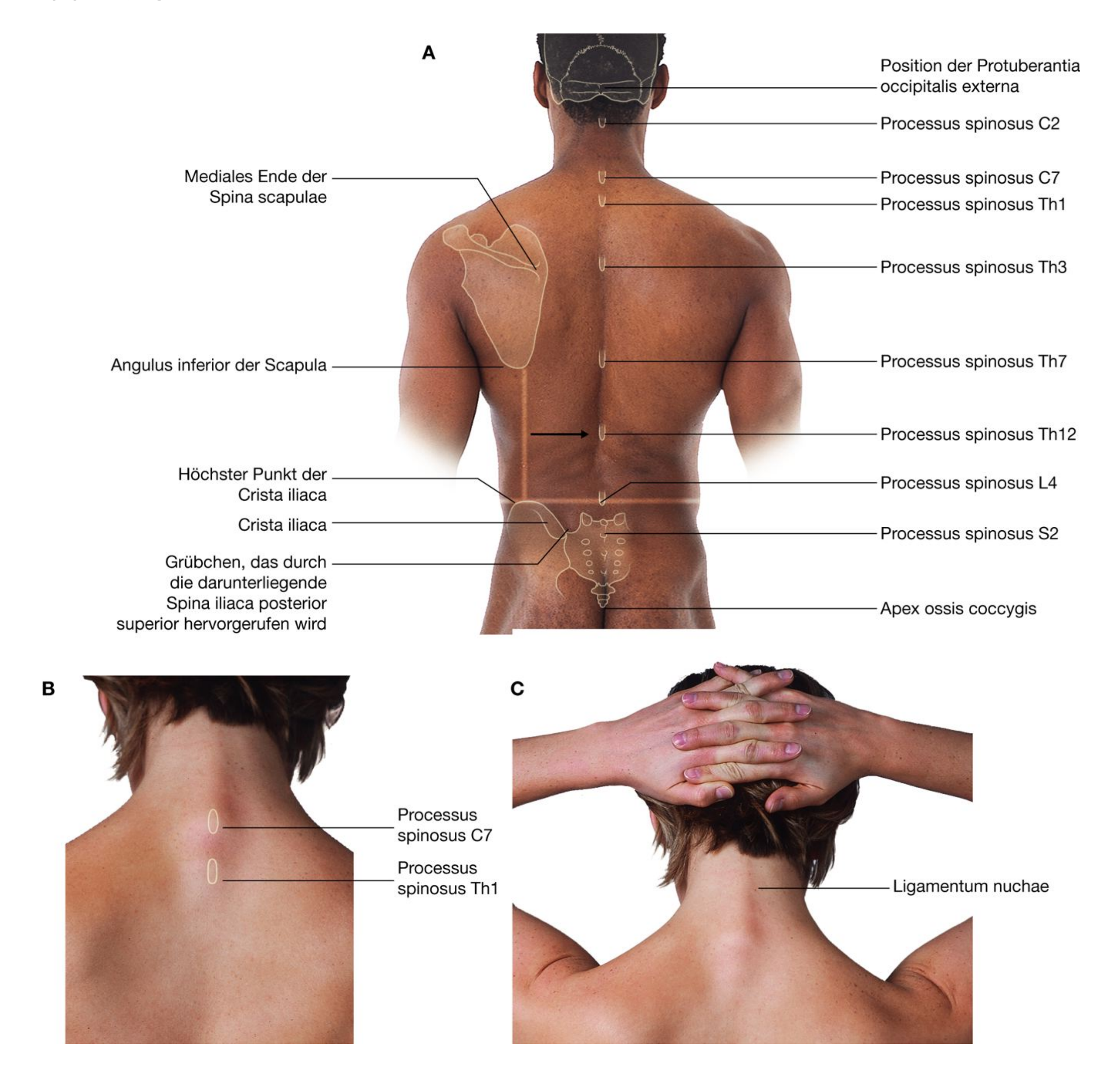
93

94

posterior superior ist häufig als sakrales Grübchen tastbar, das etwas lateral der Mittellinie liegt. Die beiden Spinae iliacae posteriores superiores bilden gemeinsam mit dem Processus spinosus des vierten Lendenwirbels, der ebenfalls als Grübchen sichtbar ist, sowie mit dem Beginn der Crena ani bei der Frau die Michaelis-Raute (gleichseitiges Rechteck). *Abweichungen von der normalen Form der Michaelis-Raute lassen auf pathologische Veränderungen des knöchernen Geburtskanals schließen, z. B. bei verengtem Becken*. Beim Mann ist der Processus spinosus des vierten Lendenwirbels prominenter und lässt kein Grübchen erkennen. Hier bilden Spinae iliacae und Beginn der Crena ani das Sakraldreieck.

Identifizierung spezifischer Processus spinosi

Abb. 2.79



Rücken mit Position der Processus spinosi sowie assoziierten Strukturen. **A**. Beim Mann. **B**. Bei einer Frau mit gebeugtem Hals. Die prominente Vertebra C7 und auch der Processus spinosus des ersten Brustwirbels Th1 sind markiert. **C**. Bei einer Frau mit gebeugtem Hals. Man sieht, wie sich das Ligamentum nuchae vorwölbt.

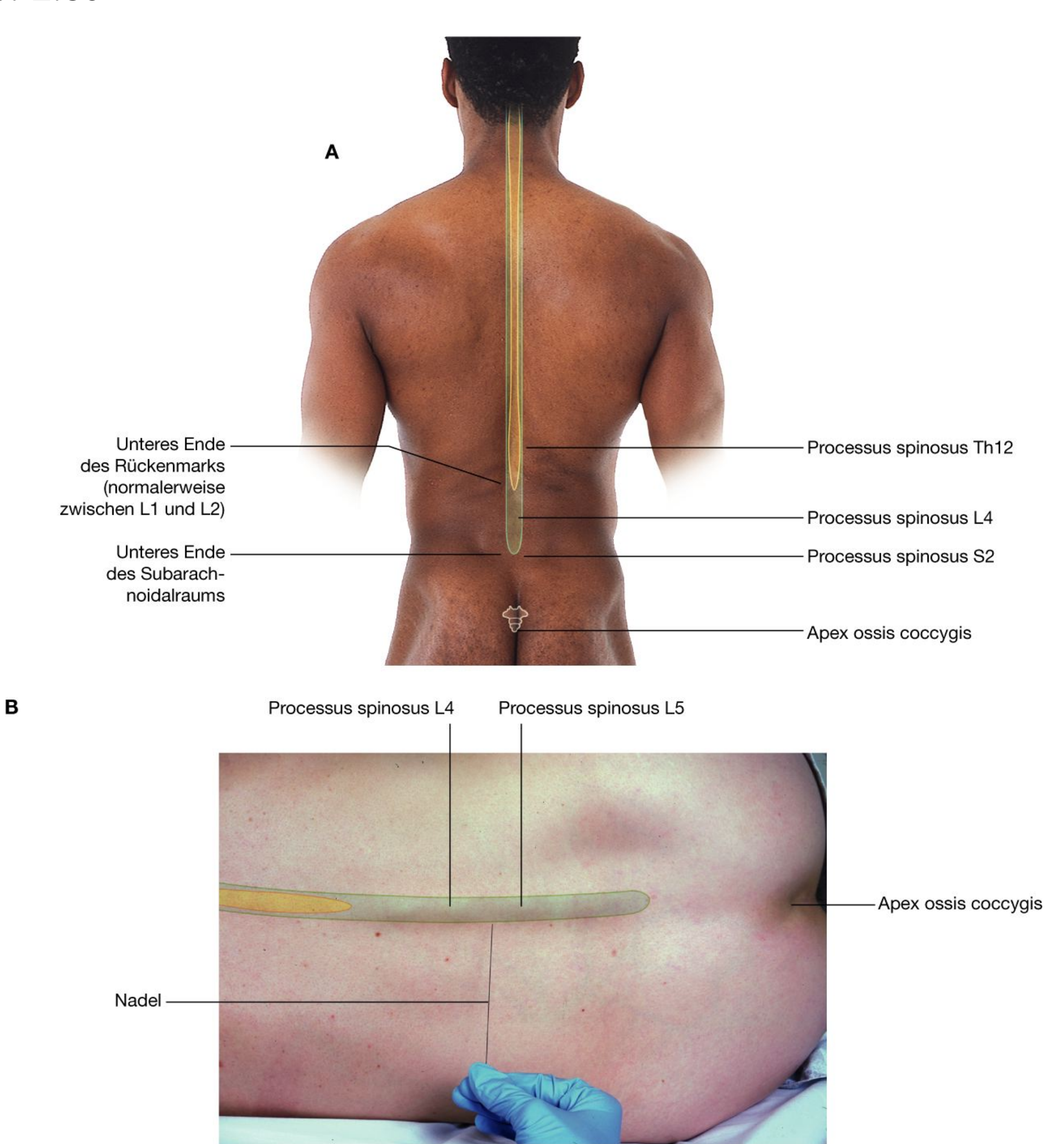
Die Identifizierung einzelner Processus spinosi (Abb. 2.79A) kann zur Unterscheidung zwischen bestimmten Regionen der Wirbelsäule genutzt werden. Außerdem ermöglicht sie Rückschlüsse auf tiefer gelegener Strukturen, wie das untere Ende des Rückenmarks und den Subarachnoidalraum.

94 95

Der Processus spinosus des zweiten Wirbels (C2) kann in der Tiefe als am weitesten kranial gelegener Vorsprung in der Mittellinie unterhalb des Schädels getastet werden.

Die meisten anderen Processus spinosi der Halswirbelsäule sind mit Ausnahme des siebten Halswirbels (C7) schlecht tastbar, da sie von Weichteilen verdeckt werden. Der siebte Halswirbel wird daher als Vertebra prominens bezeichnet. Er ist in der Mittellinie an der Basis des Halses gut tastbar (Abb. 2.79B).

Abb. 2.80



Rücken mit eingezeichneter Lage der Enden des Rückenmarks (gelb) und des Subarachnoidalraums (grün). **A**. Beim Mann. Rücken mit eingezeichnetem kaudalen Ende des Rückenmarks (gelb) und des Subarachnoidalraums (grün). **B**. Bei einer Frau, die auf der linken Seite mit angezogenen Beinen liegt (fetale Lage). Durch die Rundrückenbildung werden die Processus spinosi auseinandergedrängt; der Zugang durch das Bindegewebe zwischen den Wirbelbögen wird dadurch erweitert. Liquor cerebrospinalis kann in kaudalen Lumbalwirbelsäulenabschnitten aus dem Subarachnoidalraum entnommen werden, ohne das Rückenmark zu gefährden. Ebenso können hier intrathekale und epidurale (peridurale) Anästhesien durchgeführt werden.

95
96

Von C7 bis zur Protuberantia occipitalis externa des Schädels erstreckt sich das Ligamentum nuchae, das bei Beugung des Kopfes nach vorn als längliche Vorwölbung in der Mittellinie sichtbar wird (Abb. 2.79C).

Unterhalb des Processus spinosus C7 liegt der Processus spinosus Th1, der ebenfalls als Vorwölbung in der Mittellinie sichtbar ist. Oftmals ist er prominenter als der Processus spinosus von C7.

Der Ursprung der Spina scapulae liegt mit dem Processus spinosus Th3 auf gleicher Höhe; der Angulus inferior der Scapula liegt auf gleicher Höhe mit dem Processus spinosus Th7.

Der Processus spinosus Th12 liegt in einer Ebene mit dem Mittelpunkt einer vertikalen Linie durch die Anguli inferiores der Scapula und der Crista iliaca.

Eine horizontale Verbindungslinie zwischen den jeweils höchsten Punkten der Crista iliaca geht durch den Processus spinosus L4. Jeweils oberhalb und unterhalb davon sind die Processus spinosi L3 und L5 tastbar.

Die durch die Spinae iliacae posteriores superiores hervorgerufenen Grübchen liegen auf einer Höhe mit dem Processus spinosus S2.

Die Spitze des Os coccygis (Apex ossis coccygis) ist an der Basis der Wirbelsäule zwischen dem Musculus gluteus jeder Seite am Beginn der Crena ani tastbar.

Die Spitzen der Processus spinosi liegen nicht immer in der gleichen Horizontalebene wie ihre korrespondierenden Wirbelkörper. Im Thorakalbereich sind die Processus spinosi lang und schräg nach kaudal gerichtet. Die Spitzen der Processus spinosi liegen daher auf Höhe des darunterliegenden Wirbelkörpers. So liegt beispielsweise die Spitze des Processus spinosus Th3 auf Höhe des Wirbelkörpers Th4.

Im Lumbal- und Sakralbereich sind die Processus spinosi allgemein kürzer und weniger stark nach kaudal geneigt als im Brustbereich. Hier liegen sie eher auf einer Höhe mit dem entsprechenden Wirbelkörper. So liegt die palpierbare Spitze des Processus spinosus L4 annähernd auf Höhe des Wirbelkörpers L4.

Darstellung des kaudalen Endes des Rückenmarks und des Subarachnoidalraums

Das Rückenmark nimmt nicht die gesamte Länge des knöchernen Wirbelkanals ein. Normalerweise endet es beim Erwachsenen auf Höhe des Discus articularis zwischen Vertebra L1 und Vertebra L2. Es kann allerdings auch bereits auf Höhe Th12 oder auf Höhe des Discus articularis zwischen Vertebra L2 und Vertebra L3 enden. Der Subarachnoidalraum endet etwa auf Höhe von Vertebra S2 (Abb. 2.80A).

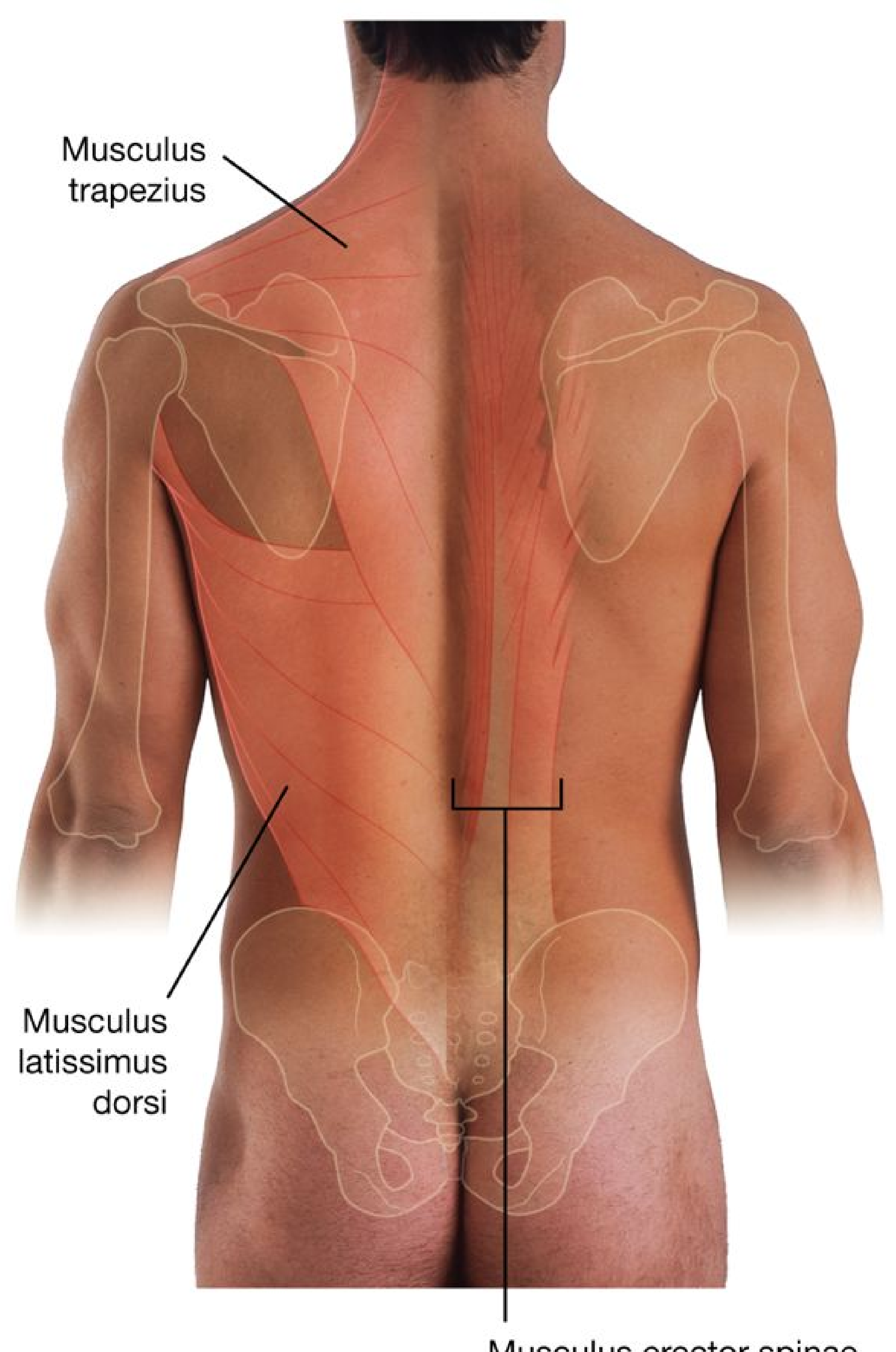
Da der Subarachnoidalraum im unteren Lumbalbereich zugänglich ist, ohne das Rückenmark zu gefährden, ist es wichtig in der Lage zu sein, die Position der Processus spinosi der Lumbalwirbel bestimmen zu können. Der Processus spinosus L4 liegt wie oben bereits beschrieben in der Mitte

einer horizontalen Linie zwischen den höchsten Punkten der Cristae iliacae. In der Lumbalregion liegen die Processus spinosi auf einer Höhe mit ihren korrespondierenden Wirbelkörpern. Der Subarachnoidalraum ist zwischen den Wirbelkörpern L3 und L4 sowie L4 und L5 zugänglich, ohne das Rückenmark zu gefährden (Abb. 2.80B). Der Subarachnoidalraum endet auf Höhe Vertebra S2. Seitlich von S2 liegen die beiden durch die Spinae iliacae posteriores superiores hervorgerufenen Grübchen.

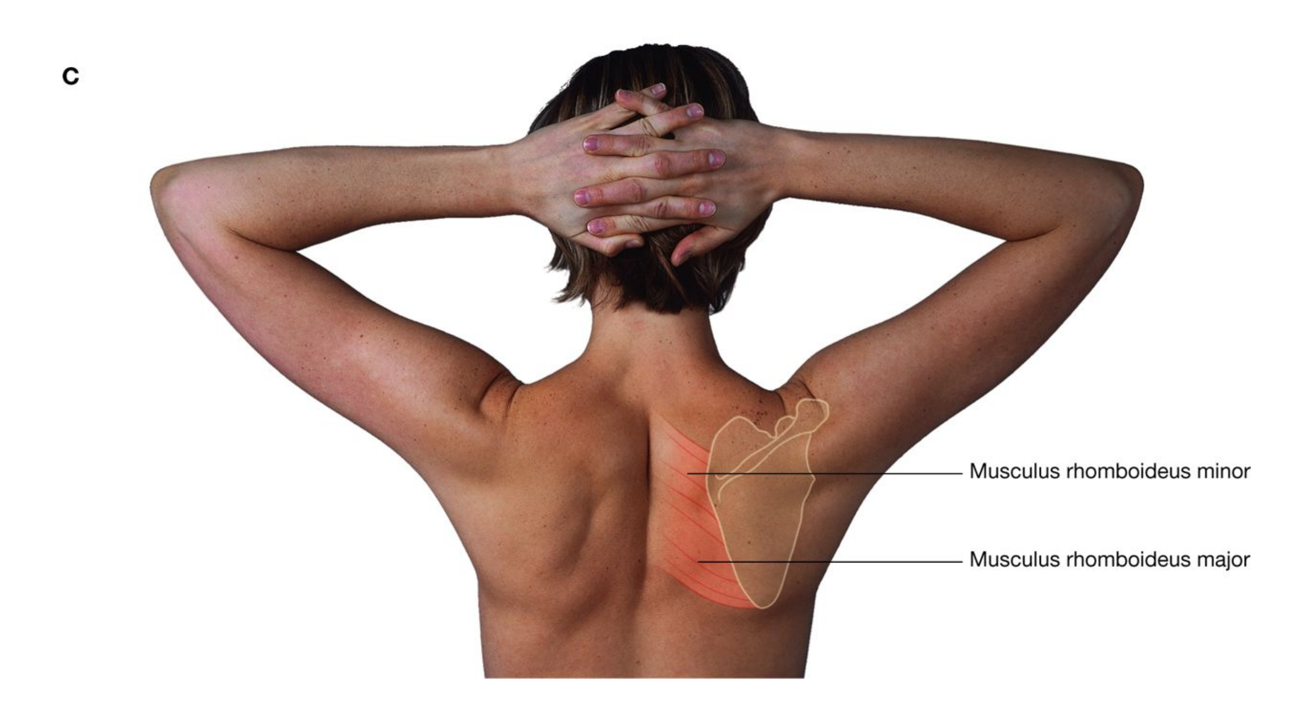
Identifizierung der großen Rückenmuskeln

Verschiedene eingewanderte Rückenmuskeln und verschiedene autochthone Rückenmuskeln können leicht abgegrenzt und palpiert werden. Die beiden größten sind der Musculus trapezius und der Musculus latissimus dorsi (Abb. 2.81A und 2.81B). Durch Ziehen der Schulterblätter zur Wirbelsäule werden die Musculi rhomboidei betont (Abb. 2.81C), die unterhalb des Musculus trapezius liegen. Der Musculus erector spinae ist durch eine Furche beidseits der Mittellinie als longitudinale Säule abgrenzbar (Abb. 2.81A).

Abb. 2.81


A
Musculus
trapezius
Musculus
latissimus
dorsi
Musculus erector spinae
96





Rückenmuskeln. **A**. Bei einem Mann erkennt man die Musculi latissimi dorsi, trapezii und erectores spinae. **B**. Bei diesem Mann erkennt man bei abduziertem Arm die lateralen Ränder der Musculi latissimi dorsi. **C**. Bei dieser Frau wölben sich die Musculi rhomboidei vor. Sie hat hierzu die Arme hinter dem Kopf verschränkt und zieht die Schulterblätter zur Wirbelsäule.

Klinische Fälle

Fall 1

Appendizitis

Ein junger Mann kommt mit diffusen und kolikartigen Schmerzen im Abdomen zum Hausarzt. Nach einigen Stunden wird der Schmerz eher konstant und ist mehr und mehr in der rechten Fossa iliaca lokalisierbar. Der Hausarzt hat den Mann mittlerweile in die Chirurgie überwiesen. Hier wird operativ ein großer, stark entzündeter Wurmfortsatz (Appendix) entfernt. Dem Patienten geht es schnell besser.

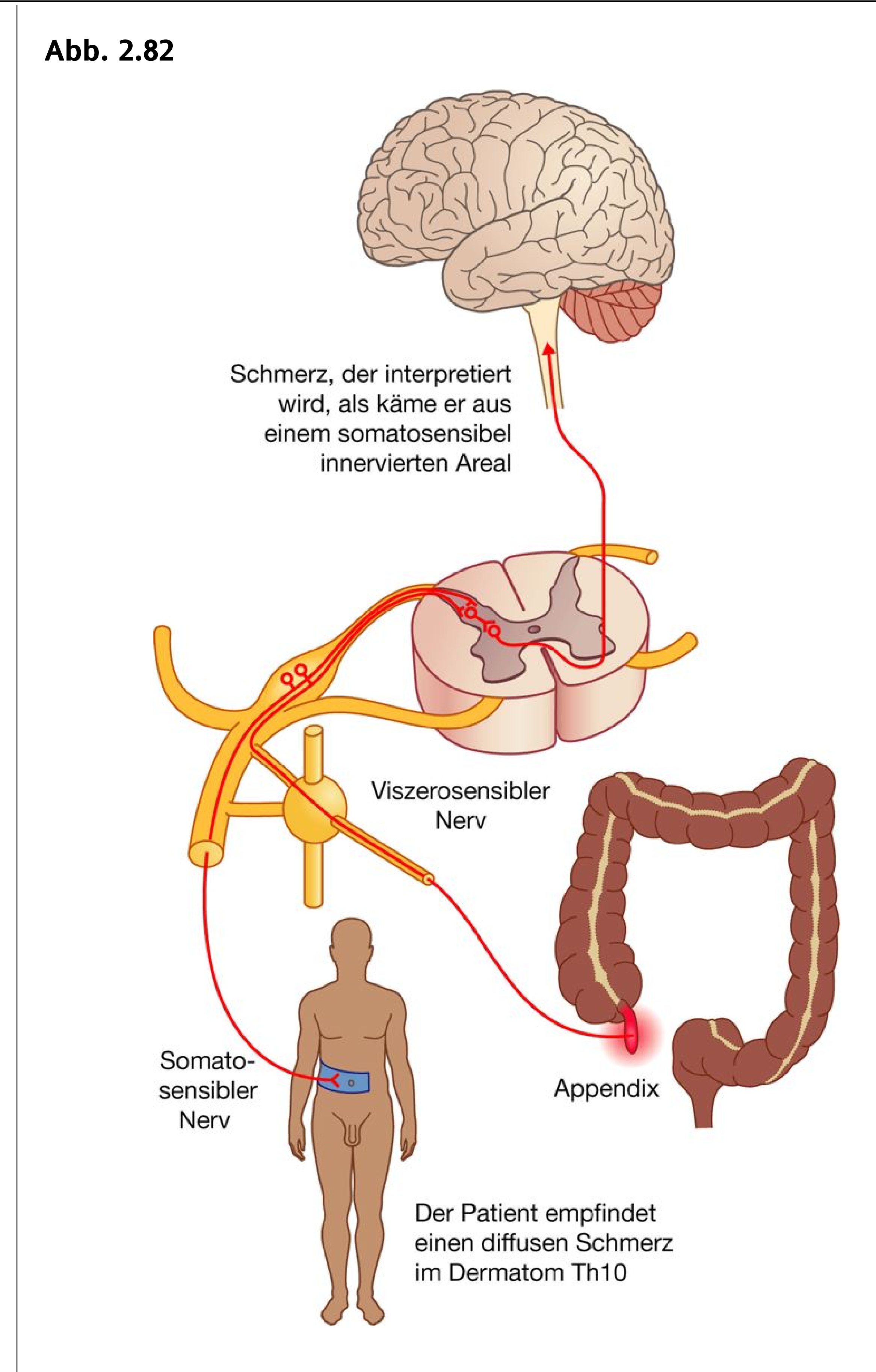
Im Rahmen einer Appendizitis werden viszerosensible Nervenfasern stimuliert. Diese Fasern treten gemeinsam mit sympathischen Fasern auf Höhe des Rückenmarklevels Th10 in das Rückenmark ein. Der Schmerz wird in das Dermatom Th10 übertragen, das auf Höhe des Bauchnabels liegt (Abb. 2.82). Der Schmerz ist diffus, nicht punktförmig. Jedes Mal, wenn eine peristaltische Welle über die Ileozäkalregion läuft, tritt der Schmerz erneut auf. Einen solchen intermittierenden Schmerztyp bezeichnet man als ***kolikartigen*** *Schmerz.*

In fortgeschrittenen Stadien der Erkrankung kommt es zum Kontakt und zur Irritation der entzündeten Appendix mit dem Peritoneum parietale im Bereich der rechten Fossa iliaca (nur bei regelrechter Lage der Appendix), das von somatosensiblen Nervenfasern innerviert wird. Dies führt zur Ausbildung eines konstanten punktförmigen Schmerzes, der den kolikartigen Schmerz überwiegt, den der Patient zuvor empfunden hat. Der Patient überträgt den Schmerz daher jetzt nicht mehr in das Dermatom Th10.

Obwohl diese Fallbeschreibung eine typische Appendizitis wiedergibt, sollte immer berücksichtigt werden, dass die Symptome und Befunde stark variieren. Die Appendix liegt in 70 % der Fälle retrozäkal und erreicht ventral niemals das Peritoneum in der rechten Fossa iliaca. Außerdem kann die Appendix sehr lang sein und dadurch in direktem Kontakt zu anderen Strukturen liegen, wodurch andere Symptome entstehen. Bei Kontakt zum Ureter sind beispielsweise urologische Symptome möglich.

Die Appendizitis ist zwar sehr häufig, ihre Symptome werden aber oft auch von Erkrankungen des Darms oder anderer Organe im Becken vorgetäuscht.

Abb. 2.82



Mechanismus des übertragenen Schmerzes aus einer entzündeten Appendix in das Dermatom Th10.

Fall 2

Ischias versus Lumbago

Eine 50-jährige Frau kommt mit starken, in ihr Gesäß ausstrahlenden Rückenschmerzen zu ihrem Hausarzt.

Rückenschmerzen sind ein häufiges Problem in der Allgemeinarztpraxis.

Von den zahlreichen Ursachen für Rückenschmerzen im Lumbalbereich müssen einige wenige sofort abgeklärt werden, um mit einer adäquaten Behandlung zu beginnen. Häufigste Ursachen sind ringförmige Risse des Discus articularis, ein Diskusprolaps mit direkter Einklemmung einer Nervenwurzel, Stenosen des Spinalkanals und degenerative Veränderungen in den Zygapophysialgelenken.

Die Hauptursachen können allgemein in drei zentrale Gruppen eingeteilt werden: mechanisch bedingten Rückenschmerz, degenerative Gelenkerkrankungen und Nervenkompressionssyndrome.

Ischias und Lumbago sind nicht das Gleiche. Lumbago ist ein generischer Terminus für alle Arten von unterem Rückenschmerz. Ischias bezeichnet Schmerzen im Abgang und Verlauf des Nervus ischiadicus (L4 – S3), der meist mit in das Gesäß und über den posterolateralen Anteil des Beins ausstrahlenden Schmerzen einhergeht.

Fall 3

Verletzung des Zervikalmarks

Ein 45-jähriger Mann wird in einen schweren Autounfall verwickelt. Bei der ersten klinischen Untersuchung sieht man eine schwere Halsverletzung mit Beteiligung der Wirbelsäule und des Rückenmarks. Nach kurzer Zeit wird die Atmung des Patienten unregelmäßig und kommt schließlich ganz zum Stillstand.

Liegt eine zervikale Rückenmarksverletzung oberhalb von C5 vor, tritt mit großer Wahrscheinlichkeit ein Atemstillstand auf. Der Nervus phrenicus, der das Zwerchfell innerviert, entstammt den Rückenmarkssegmenten C3, C4 und C5. Es muss nicht sofort zum Atemstillstand kommen, wenn die Läsion eben unterhalb von C5 liegt. Er tritt aber mit nach kranial fortschreitendem Ödem und damit fortschreitender Schädigung des Rückenmarks zeitversetzt auf. Darüber hinaus kann es durch den Einsatz von Atemhilfsmuskeln, wie einigen Halsmuskeln, dem Musculus sternocleidomastoideus und dem Musculus trapezius, der vom Nervus accessorius [XI] innerviert wird, zu respiratorischen und ventilatorischen Veränderungen kommen.

Der Patient spürt bei Aufnahme seine Extremitäten nicht mehr und kann sie auch nicht mehr bewegen.

Der Patient hat eine Paralyse der oberen und unteren Extremitäten und ist somit quadriplegisch. Kommt es nicht zu einer Ateminsuffizienz oder zum Atemstillstand, liegt die Läsion unterhalb oder auf Höhe von C5. Die Innervation der oberen Extremität erfolgt über den Plexus brachialis,

der auf Höhe C5 beginnt. Damit hat der Patient ein zervikales Rückenmarkstrauma auf Höhe oder oberhalb des Levels C5 erlitten.

Man muss sich klarmachen, dass das Rückenmark unterhalb der Läsion intakt ist, obwohl es bei einer solchen „Querschnittslähmung" zu einer Unterbrechung des Rückenmarks im Zervikalbereich kommt. Überlebt der Patient das Trauma, bleiben Reflexaktivitäten, die auf Rückenmarksebene ablaufen, erhalten; die Kommunikation mit dem Gehirn ist aber verloren gegangen.

Fall 4

Abszess im Musculus psoas major

Eine 25-jährige Frau leidet unter zunehmenden lumbalen Rückenschmerzen. Über die folgenden Wochen kommt es zur Schwellung in der rechten Leistengegend, die immer stärker wird und bei der Untersuchung leicht druckschmerzhaft ist. Im Rahmen der Anamnese gibt die Patientin auf gezieltes Nachfragen hin an, ebenfalls an einem produktiven Husten mit schleimigblutigem Auswurf zu leiden; sie hat subfebrile Temperatur.

Die Röntgenaufnahme des Thorax zeigt einen abgekapselten apikalen Lungentumor, der die Lungenanamnese erklärt.

Aufgrund des Alters der Patientin ist ein primärer Lungenkrebs unwahrscheinlich. Der blutige Auswurf (Hämoptoe) und die übrige Anamnese lassen eher auf eine Lungeninfektion schließen. Aufgrund der Abkapselung des Lungenspitzenprozesses im Röntgenbild wird eine Tuberkulose (Tbc) diagnostiziert. Die Diagnose wird mittels Bronchoskopie und Kultivierung von gewonnenem Sputum verifiziert.

Im Rahmen der Lungeninfektion der Patientin ist es auf dem Blutweg zur Streuung von Tuberkelbazillen in den Wirbelkörper L1 gekommen. Zunächst kam es zur knöchernen Destruktion in der Pars spongiosa des Wirbelkörpers nahe der benachbarten unteren Zwischenwirbelscheibe. Die Destruktion schritt fort und erodierte ebenfalls die Zwischenwirbelscheibe, die infiziert wurde. Zerstörte und infizierte Anteile der Zwischenwirbelscheibe wölbten sich nach ventral vor und infizierten die Faszie des Musculus psoas major, der in diesem Bereich an der Wirbelsäule entspringt. Dies ist kein seltener Befund im Rahmen einer Tuberkulose.

Mit fortschreitender Erkrankung kam es entlang der Muskelfaszie zu einem „Senkungsabszess" bis zum Ligamentum inguinale (Leistenband). Hier trat die Infektion als Leistenschwellung in Erscheinung. Dies ist ein typischer Befund für einen Psoasabszess.

Glücklicherweise ist es bei der Patientin zu keinem Schaden im Bereich des Wirbelkanals gekommen.

Der Patientin wird unter radiologischer Kontrolle eine Drainage in den Psoasabszess eingelegt. Außerdem wird sie über sechs Monate langzeitantibiotisch behandelt. Die Rekonvaleszenz der Patientin verläuft optimal, ohne dass sie weitere Symptome entwickelt. Es bleibt als Einziges die

Lungenhöhle zurück, in der der abgekapselte Prozess seinerzeit gesessen hat. Diese Lungenhöhle heilt sklerotisch aus.

10 kurze Fragen

1.

F: **Auf Höhe des Wirbellevels L1/L2 wurde extradural ein Lokalanästhetikum injiziert. Beschreiben Sie drei Funktionen, die der Patient nicht mehr durchführen kann**.

A: Der Patient kann nicht mehr gehen, und er hat auch keine Kontrolle mehr über seine Blasen- und Enddarmfunktion. Aufgrund des Ausfalls sympathischer Fasern kann es außerdem zu Störungen des Gefäßtonus mit hypotensiven Krisen kommen

2.

F: **Bei einem Neugeborenen wurde eine Lumbalpunktion zur Liquorgewinnung durchgeführt. Die Punktionsnadel wurde auf Höhe L2/L3 in den Wirbelkanal eingeführt. Das Baby entwickelte danach eine Paraplegie. Warum?**

A: Beim Säugling reicht das Rückenmark tiefer als beim Erwachsenen und kann den dritten Lumbalwirbel erreichen. Um Rückenmarksverletzungen zu vermeiden, müssen beim Säugling „tiefe" Lumbalpunktionen durchgeführt werden.

3.

F: **Ein Patient stellt sich mit einer spezifischen Nervenläsion auf Höhe L4 und einem Diskusprolaps auf Höhe L3/L4 vor. Erklären Sie den Zusammenhang**.

A: Es handelt sich um einen medialen Diskusprolaps. Die vorgefallene Bandscheibe liegt mit ihrem dorsalen Anteil direkt am Wirbelkanal. Sie drückt daher unmittelbar auf die absteigende Wurzel von L4.

4.

F: **Ein Patient stellt sich mit einer rechtsseitigen Nervenwurzelläsion auf Höhe L3 sowie einem Bandscheibenvorfall auf Höhe L3/L4 vor. Wo liegt der Bandscheibenvorfall?**

A: Die Kenntnis der Anatomie von Nervenwurzeln ist wichtig. Der Nerv L3 verläuft unterhalb des Pediculus arcus vertebrae auf der rechten Seite. Er verläuft lateral um den Wirbelkörper, um die benachbarten Strukturen zu innervieren. Im Rahmen eines Diskusprolapses auf Höhe L3/L4, derdiesen Nerv komprimiert, muss es sich um einen lateralen Bandscheibenvorfall handeln (im Gegensatz zu dem in Frage 3 behandelten medialen Diskusprolaps).

5.

5. F: Ein Patient kommt mit einem ausgeprägten zentralen Bandscheibenvorfall auf Höhe L4/L5, der zu neurologischen Ausfällen geführt hat. Beschreiben Sie die chirurgische Vorgehensweise, um die Symptomatik zur Rückbildung zu bringen.

A: **Bilaterale Laminektomie** – Der Patient wird in Narkose in einer knienden Position auf dem OP-Tisch fixiert. Der Operateur eröffnet von dorsal in der Mittellinie über dem betroffenen Wirbelsäulenabschnitt die Haut. Lamina arcus vertebrae und Processus spinosus werden auf Höhe der betroffenen Wirbelscheibe entfernt. Dadurch wird der Druck auf die eingeklemmten Nervenwurzeln reduziert. Gleichzeitig verringert sich aber auch die Stabilität der Wirbelsäule. **Diskektomie** – Bei dieser neuen Technik wird eine einzelne Lamina vertebralis entfernt. Mithilfe feiner Instrumente wird der Durasack zur Seite geschoben, und das vorgefallene Bandscheibengewebe wird entfernt, ohne die dorsalen Anteile der Wirbelsäule zu zerstören. **Mikrodiskektomie** – Mithilfe eines winzigen Endoskops und einer kleinen Röhre, deren Durchmesser nicht größer als ein Stift ist, verschafft sich der Chirurg Zugang zum Wirbelkanal und schiebt dessen Inhalt auf eine Seite. Mit einem Laser oder anderen ablativen Techniken wird anschließend das vorgefallene Bandscheibengewebe entfernt. **Chemische Diskektomie** – Mithilfe einer feinen Kanüle wird der zentrale Anteil der betroffenen Bandscheibe unter radiologischer Kontrolle punktiert. Über die Kanüle werden Chemikalien in die Bandscheibe appliziert, die das Bandscheibengewebe zerkleinern. Die Bandscheibenreste werden anschließend mittels einer Spritze aspiriert und somit entfernt.

6.

6. F: Ein Patient wird aufgrund eines thorakoabdominellen Aneurysmas operiert (ein Aneurysma ist eine abnorme Erweiterung eines Gefäßes – in diesem Fall der Aorta die, wenn sie nicht behandelt wird, fortschreiten und rupturieren kann. Dabei stirbt der Patient). Als der Patient nach der Operation aus der Narkose aufwacht, ist er paraplegisch. Warum?

A: Im Rahmen der thorakoabdominellen Aneurysmaoperation muss die Aorta in dem gesamten zu operierenden Teilstück unterbunden werden. Der veränderte Gefäßabschnitt wird reseziert, und es wird ein künstliches Gefäßinterponat eingesetzt. Anschließend wird der Blutfluss wiederhergestellt. Bei der Operation ist es nicht möglich, die Arteria radicularis magna zu isolieren, die zur Blutversorgung des unteren Abschnitts des Rückenmarks beiträgt. Unglücklicherweise wird der untere Rückenmarksabschnitt bei manchen Menschen allein über dieses Gefäß versorgt. Dadurch führt eine Unterbindung zu Sauerstoffmangel, Rückenmarksinfarkt mit Zelluntergang der Neurone und Paraplegie.

101
102

7.

F: **Ein 70-jähriger Mann mit bekanntem Prostatakarzinom und Knochenmetastasen wird mit Harnverhalt und Stuhlinkontinenz in die Notfallaufnahme eingeliefert.**

Außerdem gibt er an, dass er seine Beine nicht mehr richtig spürt und Probleme beim Gehen hat. Wo befindet sich die Läsion?

A: Auch bei wurzeltypischen neurologischen Ausfällen sind die Angaben der Patienten oft unbestimmt. Selbst die klinischen Symptome können unbestimmt sein. Im vorliegenden Fall erscheint es logisch, dass die Läsion den unteren Anteil des Rückenmarks im Bereich des Conus medullaris betrifft. Die weitere Untersuchung bezieht sich bei dem Patienten daher auf den lumbalen Anteil der Wirbelsäule. Eine MRT-Untersuchung des lumbalen Wirbelsäulenabschnitts zeigt eine große Metastase des bekannten Prostatakarzinoms auf Höhe L1, die den Wirbelkanal einengt. Der Patient wird daraufhin im Bereich der Metastase bestrahlt. Dadurch nimmt die Größe der Metastase ab, und die Symptomatik verbessert sich.

8.

F: **Ein 70-jähriger Mann stellt sich mit akuten starken Rückenschmerzen vor, die beidseits seitlich ausstrahlen. Außerdem hat er bei Aufnahme einen niedrigen Blutdruck. Die bei Aufnahme durchgeführte Röntgenaufnahme zeigt regelrechte Wirbel und Bandscheibenzwischenräume. Auf der Seitaufnahme erkennt man einen leicht verkalkten, 10 cm Durchmesser aufweisenden Bereich ventral der Wirbelsäule. Die Kalzifizierung ist hauptsächlich peripher. Wie lautet die Diagnose?**

A: Der Patient hat ein teilweise verkalktes Aortenaneurysma. Aufgrund der Schmerzanamnese und des niedrigen Blutdrucks ist es wahrscheinlich, dass das Aneurysma in den Retroperitonealraum rupturiert ist. Der Patient muss umgehend operiert werden, um sein Leben zu retten. Hier wird deutlich, dass nicht alle Ursachen von Rückenschmerzen unbedingt etwas mit der Wirbelsäule zu tun haben müssen.

9.

F. **Ein Patient sucht wegen Taubheitsgefühl an der Ulnarseite des Ringfingers und des gesamten Kleinfingers der rechten Hand den Arzt auf. Die Untersuchung zeigt eine Lähmung der kleinen Handmuskeln sowie der Hypothenarmuskulatur. Können Sie den Rückenmarkslevel beschreiben, der für die Ausfälle verantwortlich ist?**

A: Nein. Dieser Befund ist für eine Läsion im Verlauf des Nervus ulnaris (periphere Nervenläsion) typisch und nicht für eine Wurzelläsion. Die klinische Untersuchung des Nervensystems erfordert nicht nur ein Verständnis spezifischer Nervenwurzelfunktionen, sondern es ist auch wichtig zu verstehen, wie sich die Nervenwurzeln zu peripheren Nerven verbinden, die ihrerseits individuelle sensible und motorische Funktionen haben.

10.

F. **Ein 25-jähriger Mann hat einen schweren Autounfall. Dabei erleidet er starke Halsverletzungen und eine Verletzung der rechten oberen Extremität. Bei der**

Untersuchung in der Notfallaufnahme ist die rechte obere Extremität schlaff und kraftlos, und der Patient empfindet keine Sensibilität mehr. Warum hat dieser Patient keine Tetraplegie?

A: Unter einer Tetraplegie versteht man den kompletten Ausfall der oberen und unteren Extremitäten. Ein lokalisierter Ausfall einer oberen Extremität deutet darauf hin, dass es nicht zu einem Rückenmarksschaden gekommen ist, sondern dass im Rahmen der Gewalteinwirkung Wurzelausrisse im Bereich des Plexus brachialis eingetreten sind.

3 Thorax

Übersicht

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Der **Brustkorb (Thorax)** ist ein unregelmäßiger Zylinder mit einer oberen engen Öffnung (Apertura thoracis superior, obere Thoraxapertur) und einer relativ breiten unteren Öffnung (Apertura thoracis inferior, untere Thoraxapertur; Abb. 3.1). Die obere Thoraxapertur stellt die kontinuierliche Verbindung zum Hals her, die untere wird vom Zwerchfell verschlossen.

Die Thoraxwand ist biegsam und besteht aus segmental angeordneten Skelettelementen (Wirbeln, Rippen, Brustbein) und aus Muskulatur.

Die **Thoraxhöhle** (Cavitas thoracis) wird von Thoraxwand und Zwerchfell begrenzt und gliedert sich in drei große Kompartimente:

- Eine rechte und eine linke Pleurahöhle (Cavitas pleuralis), die jeweils eine Lunge (Pulmo) umgeben
- Das Mediastinum.

Das Mediastinum (Mittelfellraum) ist ein Raum zwischen den beiden Brusthöhlen, der sich in der Mittellinie des Thorax in longitudinaler und sagittaler Richtung erstreckt. Das Mediastinum enthält das Herz, die Speiseröhre, die Luftröhre sowie mehrere große Nerven und Blutgefäße.

Die beiden Pleurahöhlen sind durch das Mediastinum vollständig voneinander getrennt. *Daher betreffen krankhafte Veränderungen in einer Pleurahöhle nicht zwangsläufig auch die andere Seite. In das Mediastinum kann chirurgisch eingegriffen werden, ohne eine der beiden Pleurahöhlen zu eröffnen.*

Von klinischer Bedeutung ist außerdem, dass beide Pleurahöhlen etwas über die obere Thoraxapertur hinausragen. Die Spitze jeder Lunge erstreckt sich als Pleurakuppel über das Niveau der 1. Rippe in den Hals. Dadurch gefährden pathologische Prozesse im unteren Halsbereich immer auch die Lungenspitze. Umgekehrt können pathologische Veränderungen der Lungenspitze auch immer die benachbarten Halseingeweide einbeziehen.

FUNKTIONEN

Atmung

Die wichtigste Funktion des Thorax ist die Atmung. Der Brustkorb beinhaltet nicht nur die Lungen an sich, sondern umfasst auch die gesamte „Maschinerie" – das Zwerchfell, die Thoraxwand und die Rippen –, die notwendig ist, um Luft in die Lungen und aus ihnen zu schaffen.

Auf- und Abbewegungen des Zwerchfells sowie Zu- und Abnahme des Umfangs der seitlichen und vorderen Brustwand durch Bewegungen der Rippen führen zu Volumenänderungen der Brusthöhle und sind Schlüsselelemente der Atmung.

Schutz vitaler Organe

Der Thorax beherbergt und schützt das Herz, die Lungen und die großen Blutgefäße. Aufgrund des kuppelartigen Aufbaus des Zwerchfells schützt der Thorax auch einige intraabdominelle Organe, die von unten in die Zwerchfellkuppel und damit den Brustkorb hineinragen.

Ein großer Teil der Leber liegt unterhalb der rechten Zwerchfellkuppel, der Magen und die Milz unter der linken. Die dorsalen Flächen der oberen Nierenpole liegen am Zwerchfell, rechts etwas oberhalb der 12. Rippe, links auf Höhe der 11. und 12. Rippe.

Transitstrecke

Das Mediastinum dient als Transitstrecke für Strukturen, die den Brustkorb von einer Körperregion zur anderen passieren, sowie für Strukturen, die Organe innerhalb des Thorax mit anderen Körperregionen verbinden.

Die Speiseröhre, die Nervi vagi und der Ductus thoracicus setzten sich vom Hals in das Abdomen (Oesophagus, Nervi vagi) oder umgekehrt (Ductus thoracicus) durch das Mediastinum fort.

Die Nervi phrenici, die vom Hals kommen, ziehen durch das Mediastinum und treten in das Zwerchfell ein, um es zu innervieren.

Andere Strukturen, wie Trachea, Pars thoracica aortae (Aorta thoracica) und Vena cava superior, verlaufen nur in einer Richtung durch das Mediastinum entweder zu den großen Thoraxorganen (Trachea, Vena cava superior) oder von ihnen weg (Trachea, Aorta thoracica).

BESTANDTEILE

Brustwand

Die **Brustwand** besteht aus Skelettelementen und Muskeln (Abb. 3.1):

- Dorsal besteht sie aus den zwölf Brustwirbeln mit den dazugehörigen Zwischenwirbelscheiben.

104
105

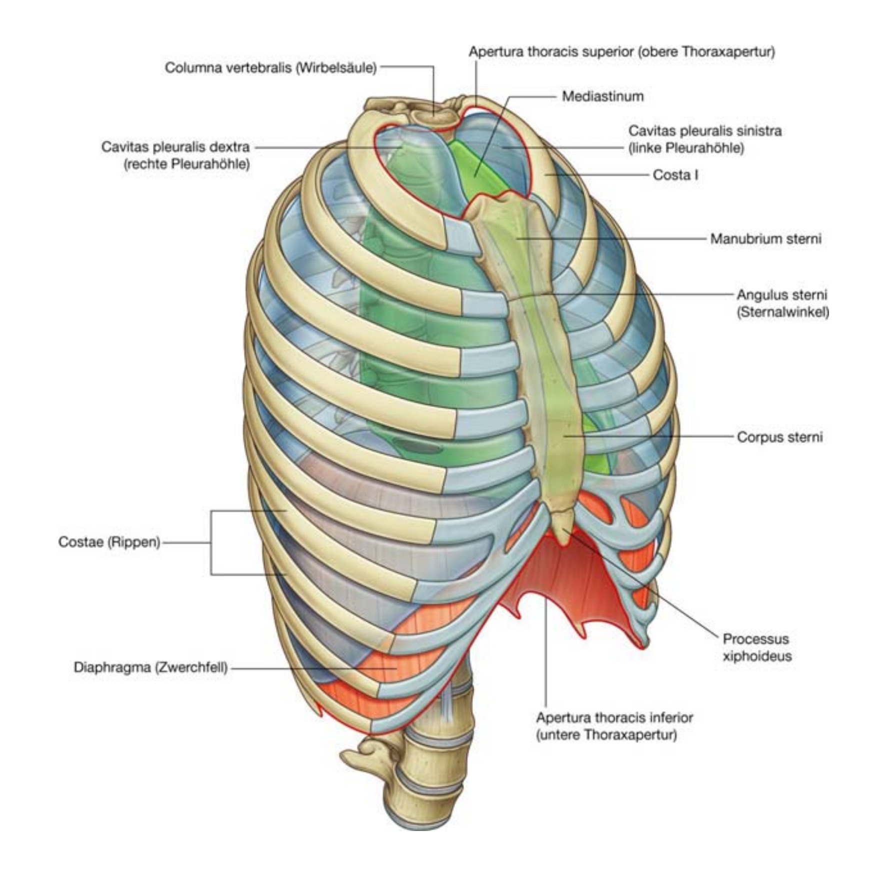
- Lateral wird die Wand auf jeder Seite von zwölf Rippen gebildet, die jeweils über drei Lagen Zwischenrippenmuskulatur untereinander in Verbindung stehen. Die Muskulatur kann die Rippen bewegen und bietet Raum für die Interkostalgefäße und -nerven.
- Vorn befindet sich das Brustbein (Sternum). Es besteht aus einem Griff (Manubrium sterni), einem Körper (Corpus sterni) und einem Fortsatz (Processus xiphoideus).

Das Manubrium sterni steht über die Articulatio manubrio-sternalis mit dem Corpus sterni in Verbindung. Dadurch kommt der Sternalwinkel zustande, der dem Arzt als wichtige Landmarke bei der körperlichen Untersuchung des Brustkorbs dient.

Das vordere (distale) Ende jeder Rippe besteht aus hyalinem Rippenknorpel, der zur Mobilität und Elastizität der Brustwand beiträgt.

Alle Rippen artikulieren dorsal mit den Brustwirbeln. Die meisten Rippen (Costae II – IX) stehen über drei gelenkige Verbindungen mit den Brustwirbeln in Verbindung. Der Kopf jeder Rippe artikuliert jeweils mit dem dazugehörigen Wirbelkörper sowie mit dem darüberliegenden Wirbelkörper (Abb. 3.2). Aufgrund des gebogenen Verlaufs der Rippen artikulieren sie nochmals jeweils mit dem seitlichen Wirbelkörperfortsatz (Processus transversus) ihres entsprechenden Wirbels.

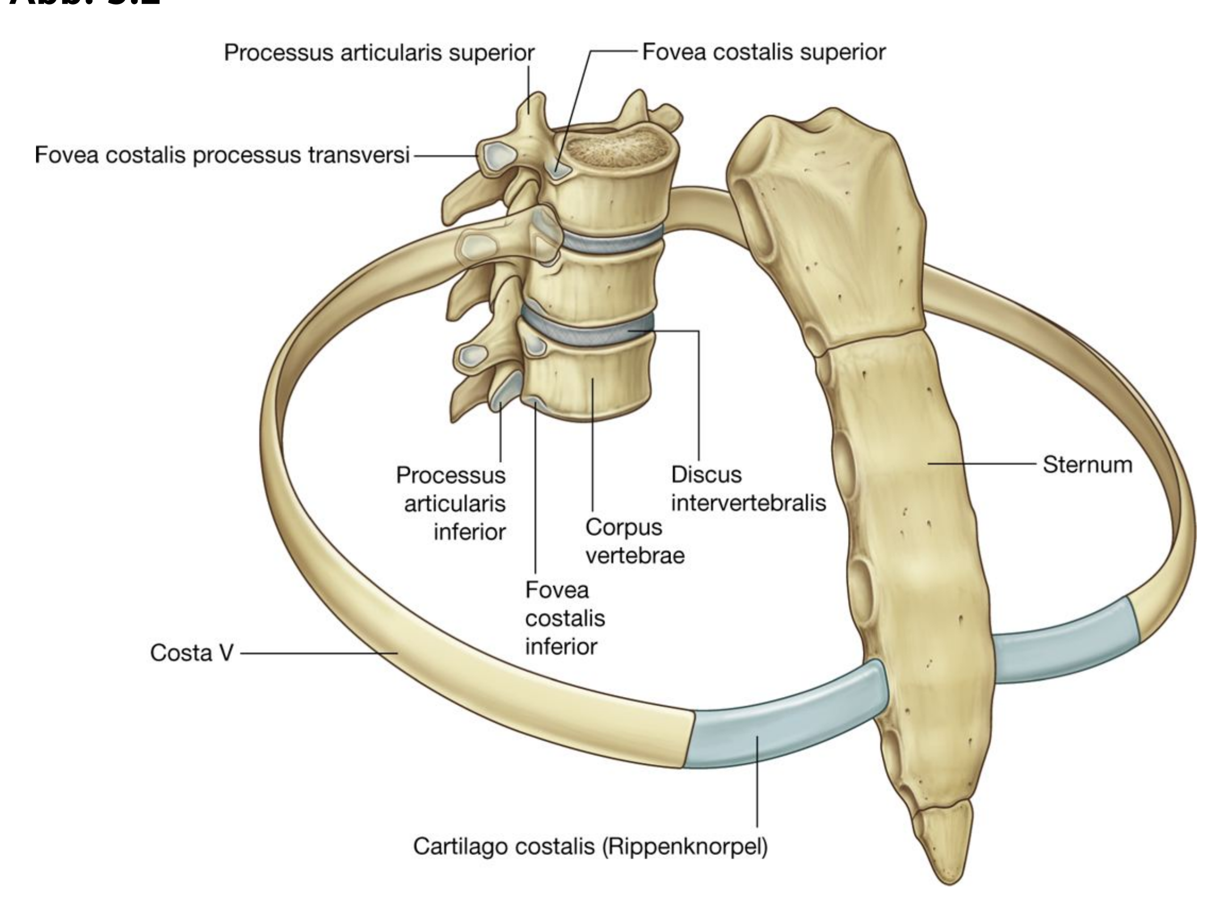
Abb. 3.1



Thoraxwand und -höhle.

Ventral artikulieren die Rippenknorpel der Rippen I bis VII mit dem Sternum.

Abb. 3.2



Gelenke zwischen den Rippen und der Wirbelsäule.

Die Rippenknorpel der Rippen VIII bis X artikulieren mit dem Unterrand des darüberliegenden Rippenknorpels. Die Rippen XI und XII heißen Costae fluctuantes, da sie weder mit anderen Rippen noch mit Rippenknorpel oder dem Sternum in Verbindung stehen. Ihr Rippenknorpel bedeckt nur das distale knöcherne Rippenende.

Das Skelett des Brustkorbs dient zahlreichen Muskeln des Halses, des Abdomens, des Rückens und der oberen Extremitäten als Ansatz- oder Ursprungspunkt.

Ein Teil dieser Muskeln setzt an den Rippen an und dient als Atemhilfsmuskulatur; einige Muskeln stabilisieren ferner die Lage der 1. und der 12. Rippe.

Obere Thoraxapertur

Die obere Thoraxapertur ist vollständig von Skelettelementen umgeben. Diese umfassen dorsal den 1. Thorakalwirbel (Th1), beidseits den medialen Rand der 1. Rippe und ventral die Rückseite des Sternums.

Der Oberrand des Manubrium sterni liegt auf gleicher Höhe mit dem Discus vertebralis zwischen Th2 und Th3.

Die erste Rippe verläuft schräg von hinten oben, wo sie mit dem ersten Thorakalwirbelkörper artikuliert, nach vorn unten zu ihrem Ansatz am Manubrium sterni. Die obere Thoraxapertur bildet dadurch eine leicht nach ventral gerichtete Öffnung.

Durch diese Öffnung wölben sich beidseits die Pleurakuppeln vor, die die rechte und linke Lunge an ihren Spitzen ummanteln. Sie begrenzen damit den Eingang in das Mediastinum (Abb. 3.3).

Strukturen, die zwischen oberer Extremität und Mediastinum im Thorax verlaufen, ziehen über die 1. Rippe und die Pleurakuppel. Strukturen, die zwischen dem Kopf-Hals-Bereich und dem Mediastinum verlaufen, passieren die obere Thoraxapertur mehr in ihrem ventralen Abschnitt.

Untere Thoraxapertur

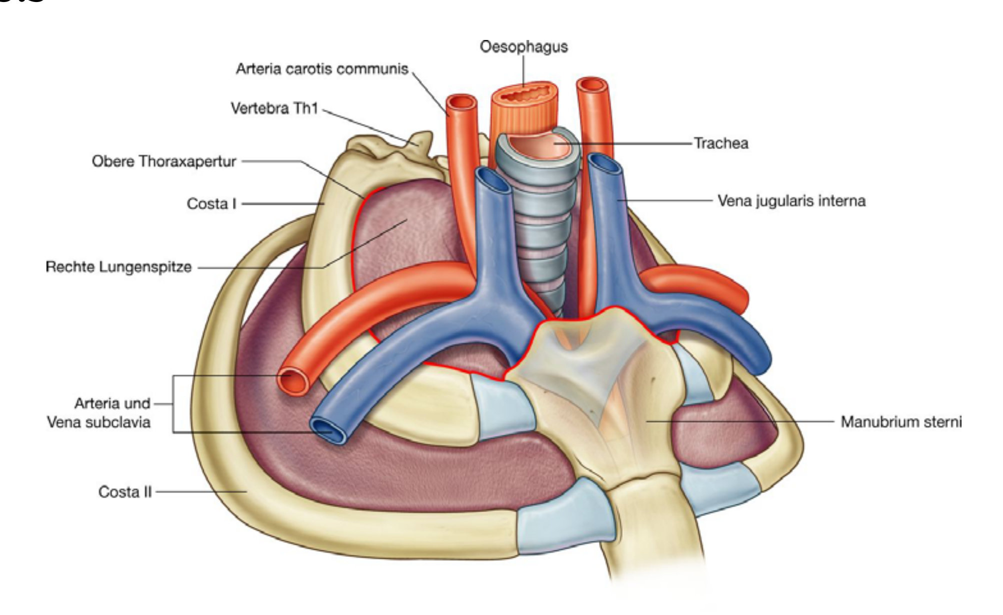
Die untere Thoraxapertur ist weit und dehnbar. Der Rand wird von Knochen, Knorpel und Bändern gebildet (Abb. 3.4A). Die untere Thoraxapertur wird durch das Zwerchfell verschlossen. Nur Strukturen, die zwischen Abdomen und Thorax verlaufen, durchbrechen das Zwerchfell oder verlaufen dorsal des Zwerchfells an der Wirbelsäule.

Skelettelemente der unteren Thoraxapertur sind

- dorsal der 12. Wirbelkörper,
- die 12. Rippe und dorsolateral das distale Ende der 11. Rippe,
- die distalen knorpeligen Anteile der Rippen 7 bis 10, die ventral und lateral den unteren Rand des Rippenbogens bilden,
- ventral der Processus xiphoideus.

106
107

Abb. 3.3

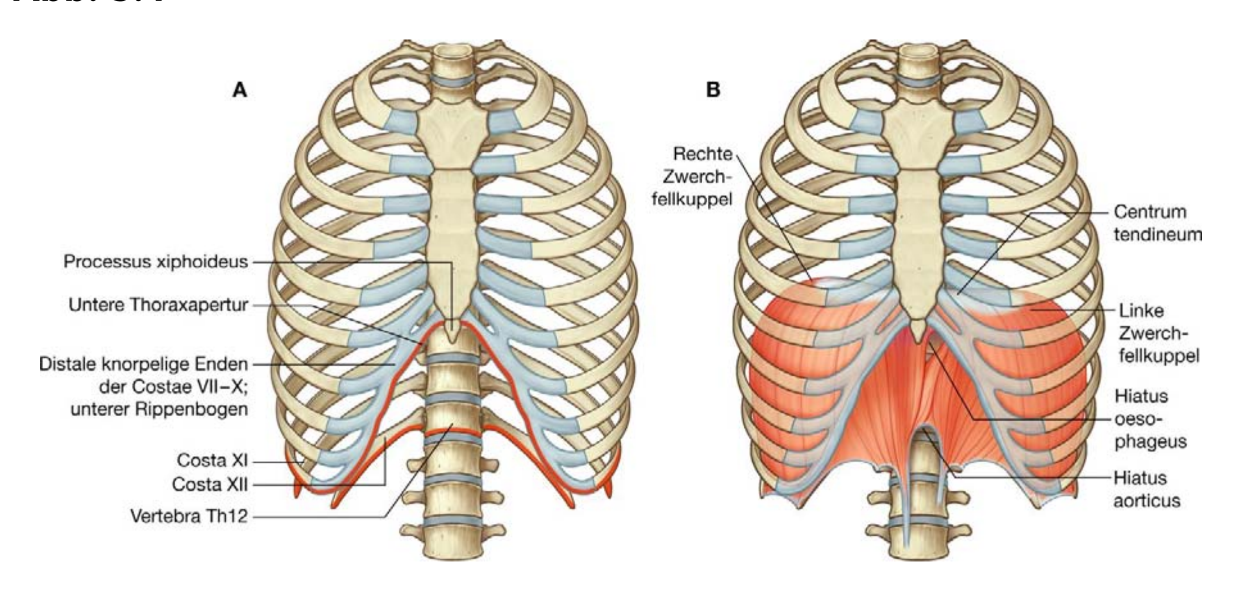


Obere Thoraxapertur.

Das am weitesten kaudal gelegene Sternokostalgelenk zwischen unterem Rippenbogen und Corpus sterni liegt auf gleicher Höhe mit dem Discus articularis zwischen Wirbelkörper Th9 und Th10. Damit liegt die Befestigung der unteren Thoraxapertur dorsal (Th12) weiter kaudal als ventral (unterer Rand des Corpus sterni = Th9/Th10).

Beim Blick von vorn hat man daher den Eindruck, dass die untere Thoraxapertur ventral nach oben geneigt ist.

Abb. 3.4



A. Untere Thoraxapertur. **B**. Diaphragma.

107
108

Diaphragma (Zwerchfell)

Das aus Muskulatur und einer zentral gelegenen Sehnenplatte (Centrum tendineum) bestehende **Zwerchfell** verschließt die untere Thoraxapertur (Abb. 3.4B).

Die Muskulatur des Zwerchfells entspringt vom Rand der unteren Thoraxapertur und strahlt radiär in das Centrum tendineum ein.

Aufgrund der schräg verlaufenden unteren Thoraxapertur liegt die Ansatzzone des Zwerchfells hinten im Bereich der Lendenwirbelsäule tiefer als vorn am Rippenbogen.

Das Zwerchfell ist keine flache Platte, sondern wölbt sich beidseits kuppelartig von unten in den Thorax und formt so einen Dom. Rechts erreicht der Dom den Oberrand der 5. Rippe und steht etwas höher als links.

Wenn das Zwerchfell kontrahiert, nimmt die Höhe des Doms ab, und das Thoraxvolumen nimmt zu.

Die Speiseröhre und die Vena cava inferior treten durch das Zwerchfell hindurch, die Aorta verläuft auf der Wirbelsäule hinter dem Zwerchfell von kranial nach kaudal.

Mediastinum

Das **Mediastinum** (Mittelfellraum) ist der in der Mittellinie der Brusthöhle gelegene Raum, der zwischen den beiden Brustfellhöhlen liegt, in denen sich die Lungen befinden. Das Mediastinum erstreckt sich ventral vom Sternum bis dorsal zur Brustwirbelsäule und von der oberen bis zur unteren Thoraxapertur.

Eine horizontale Ebene durch den Angulus sterni (Grenze zwischen Manubrium sterni und Corpus sterni, auch als Angulus Ludovici bezeichnet) sowie durch den Discus articularis zwischen den Wirbelkörpern Th4 und Th5 unterteilt das Mediastinum in einen oberen und in einen unteren Anteil (Abb. 3.5). Der untere Anteil, das Mediastinum inferius, wird durch den Herzbeutel (Pericardium) in drei weitere Räume, einen vorderen (Mediastinum anterius), einen mittleren (Mediastinum medium) und einen hinteren (Mediastinum posterius), getrennt. Das Perikard und das darin gelegene Herz füllen den mittleren Raum aus und bilden damit das mittlere Mediastinum.

Der vordere Anteil (Mediastinum anterius) liegt zwischen Sternum und Perikard; der hintere Anteil (Mediastinum posterius) zwischen Perikard und Brustwirbelsäule.

Pleurahöhle (Cavitas pleuralis)

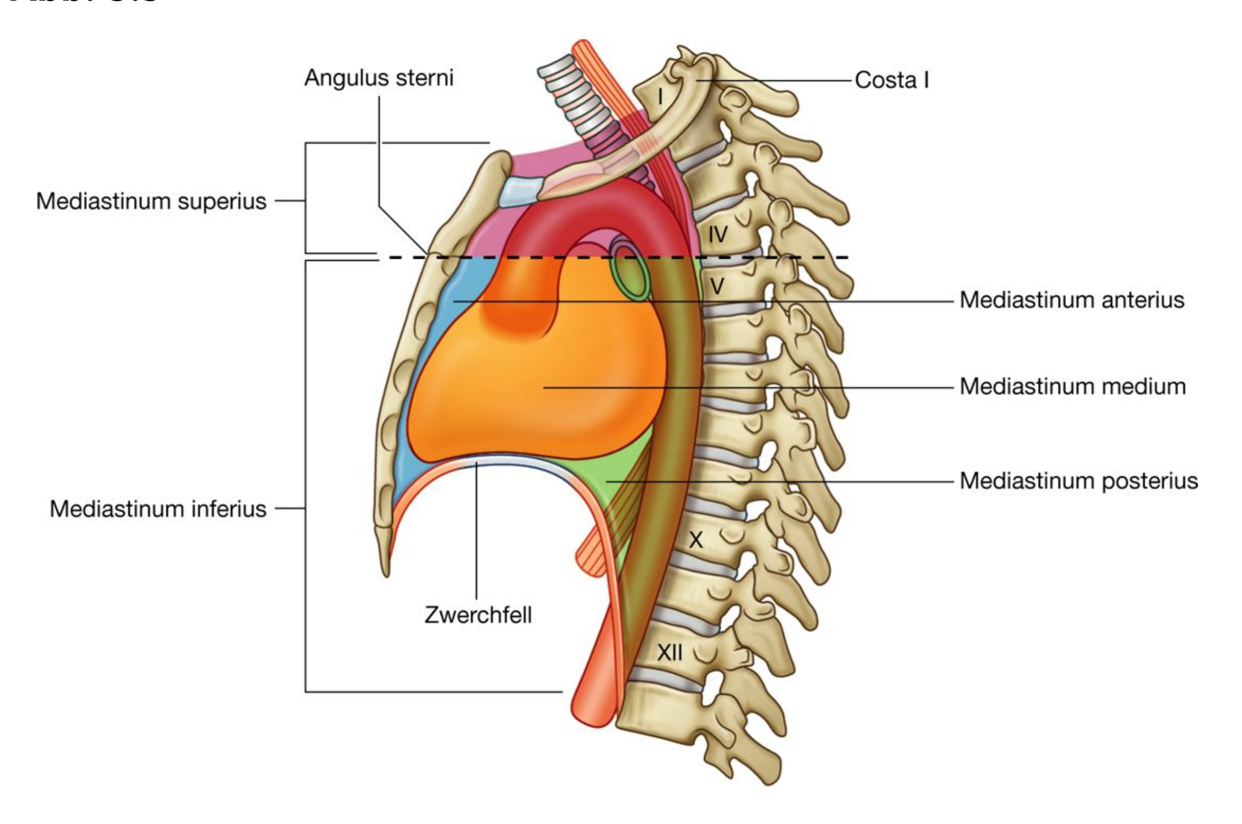
Die beiden Pleurahöhlen liegen rechts und links vom Mediastinum (Abb. 3.6).

Jede **Pleurahöhle** ist komplett von einer Hülle aus Mesothel umgeben, die als Pleura (Lungenfell) bezeichnet wird.

Im Rahmen der Entwicklung wachsen die Lungen aus dem Mediastinum heraus und werden dabei von den Pleurahöhlen umgeben. Daher ist jede Lunge von Pleura überzogen.

Jede Lunge bleibt über die an der Lungenwurzel (Lungenhilum) ein- und austretenden Strukturen (luftleitende Hauptbronchien, Pulmonalgefäße, Nerven und Lymphgefäße) fest mit dem Mediastinum verbunden.

Abb. 3.5



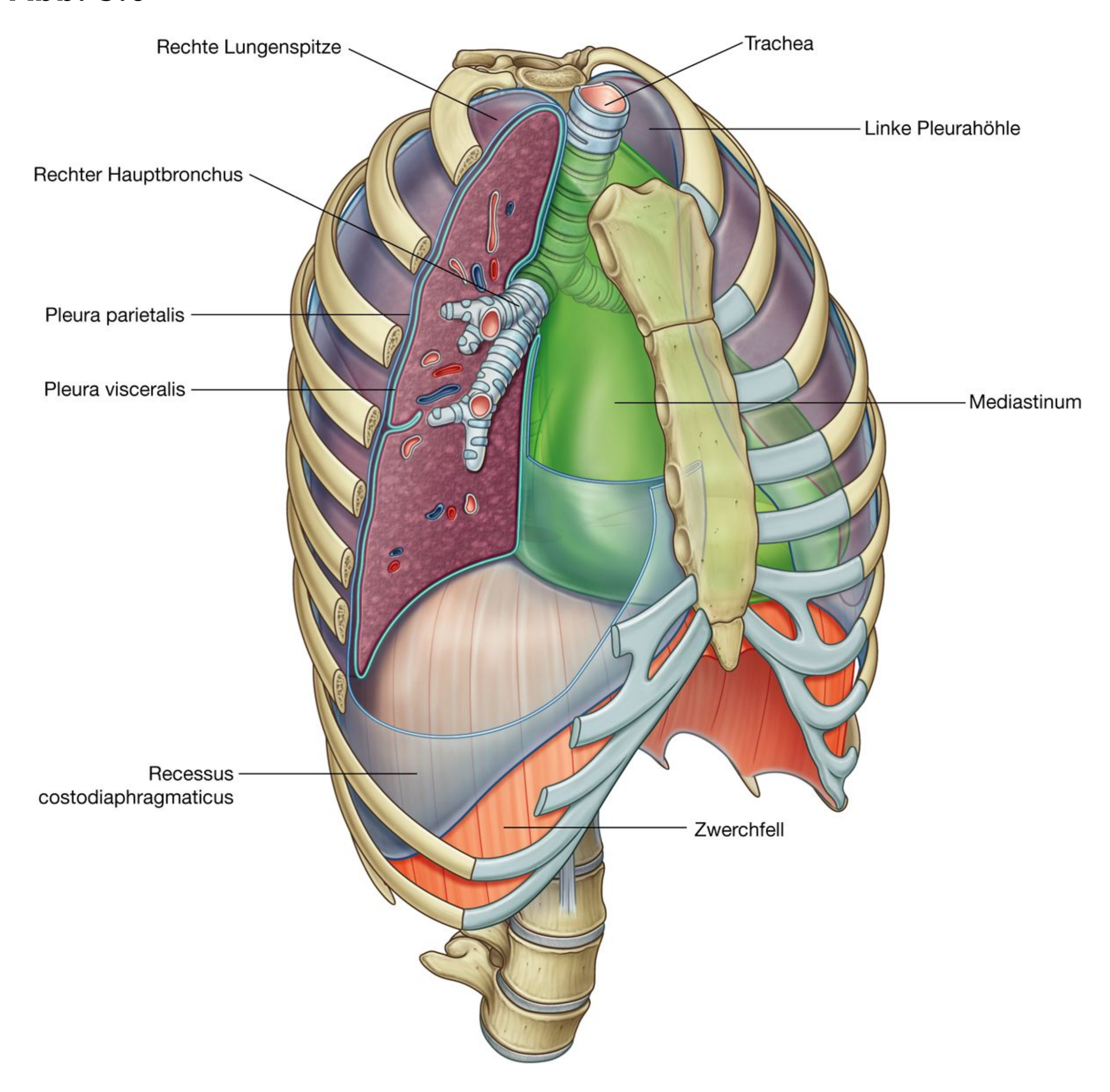
Einteilung des Mediastinums.

108
109

Die Pleura, die die Thoraxwand von innen überzieht, wird als parietale Pleura (Pleura parietalis) bezeichnet; die Pleura, die vom Lungenhilum ausgehend die Lungen selbst überzieht, ist die viszerale Pleura (Pleura visceralis). Zwischen den beiden Pleurablättern (viszerale und parietale Pleura) befindet sich ein Spalt.

Diesen Spalt füllen die Lungen nicht vollständig aus, sodass Recessus (Nischen) entstehen, die für die Volumenänderungen der Lungen bei der Atmung von großer Bedeutung sind. Der Recessus costodiaphragmaticus ist der größte und klinisch bedeutsamste Recessus. Er erstreckt sich seitlich unten zwischen der Thoraxwand und dem Zwerchfell.

Abb. 3.6



Pleurahöhlen.

BEZIEHUNG ZU DEN NACHBARREGIONEN

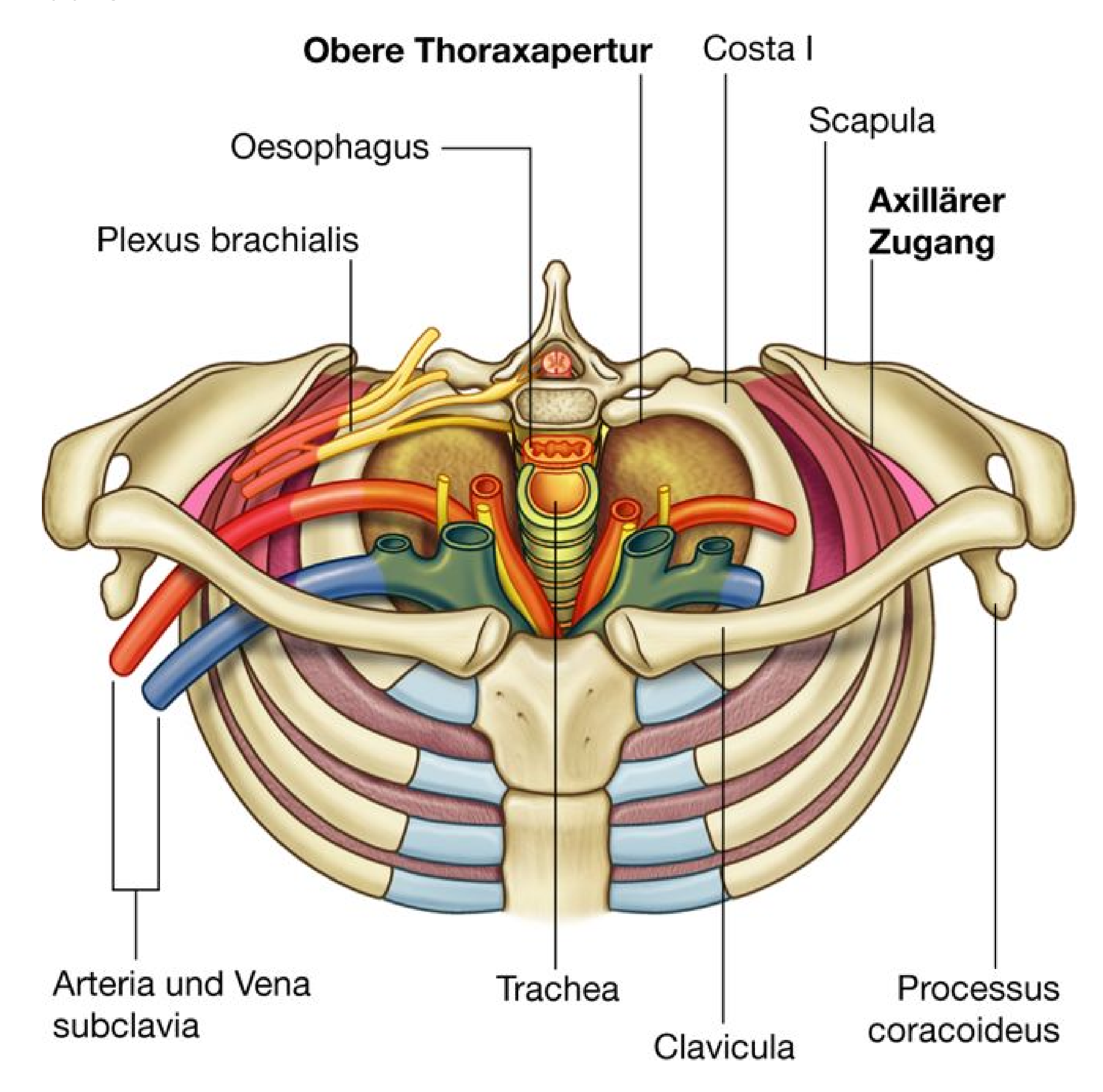
Hals

Die obere Thoraxapertur öffnet sich direkt in den unteren Abschnitt des Halses (Abb. 3.7).

Die Spitze jeder Pleurahöhle, die Pleurakuppel, wölbt sich beiderseits 2 – 3 cm über die erste Rippe und den Rippenknorpel in den Hals hinein. Zwischen den Pleurakuppeln verlaufen verschiedene Strukturen zwischen Hals und oberem Mediastinum. In der Mittellinie liegt die Trachea direkt vor dem Ösophagus. Anterior und lateral davon treten die großen Blutgefäße und Nerven über die obere Thoraxapertur aus und in den Thorax.

109

Abb. 3.7



Obere Thoraxapertur und axillärer Zugang.

Obere Extremität

Auf beiden Seiten der oberen Thoraxapertur befindet sich ein axillärer Zugang zur oberen Extremität. Die beiden axillären Zugänge und die obere Thoraxapertur kommunizieren im Bereich des unteren Halses miteinander (Abb. 3.7).

Jeder axilläre Zugang wird gebildet von

- dem Oberrand der Scapula hinten,
- der Clavicula vorn,
- dem lateralen Rand der ersten Rippe medial.

Die Spitze dieses dreieckigen Zugangs liegt direkt lateral und wird vom medialen Rand des Processus coracoideus gebildet, der den Margo superior der Scapula nach lateral fortsetzt.

Die Basis der dreieckigen Öffnung des axillären Zugangs ist der laterale Rand der 1. Rippe.

Die großen Blutgefäße verlaufen durch den axillären Zugang über die 1. Rippe zur oberen Thoraxapertur.

Auch die proximalen Anteile des Plexus brachialis passieren zwischen dem Hals und der oberen Extremität den axillären Zugang.

Abdomen

Das Zwerchfell trennt den Thorax vom Abdomen. Alle Strukturen, die zwischen Brustraum und Bauchhöhle verlaufen, treten entweder durch das Zwerchfell oder verlaufen hinter ihm (Abb. 3.8):

- Die Vena cava inferior durchbricht das Centrum tendineum des Zwerchfells auf der rechten Seite des Mediastinums nahe des Brustwirbels Th8.
- Der Ösophagus tritt auf Höhe Th10 etwas links der Mittellinie durch den hinteren muskulären Anteil des Zwerchfells vom Mediastinum in das Abdomen über.
- Die Aorta verläuft in der Mittellinie, auf der Wirbelsäule, hinter dem Zwerchfell und passiert Letzteres in Höhe Th12.
- Zahlreiche andere Strukturen verlaufen zwischen dem Thorax und dem Abdomen und treten durch das Zwerchfell oder verlaufen hinter ihm.

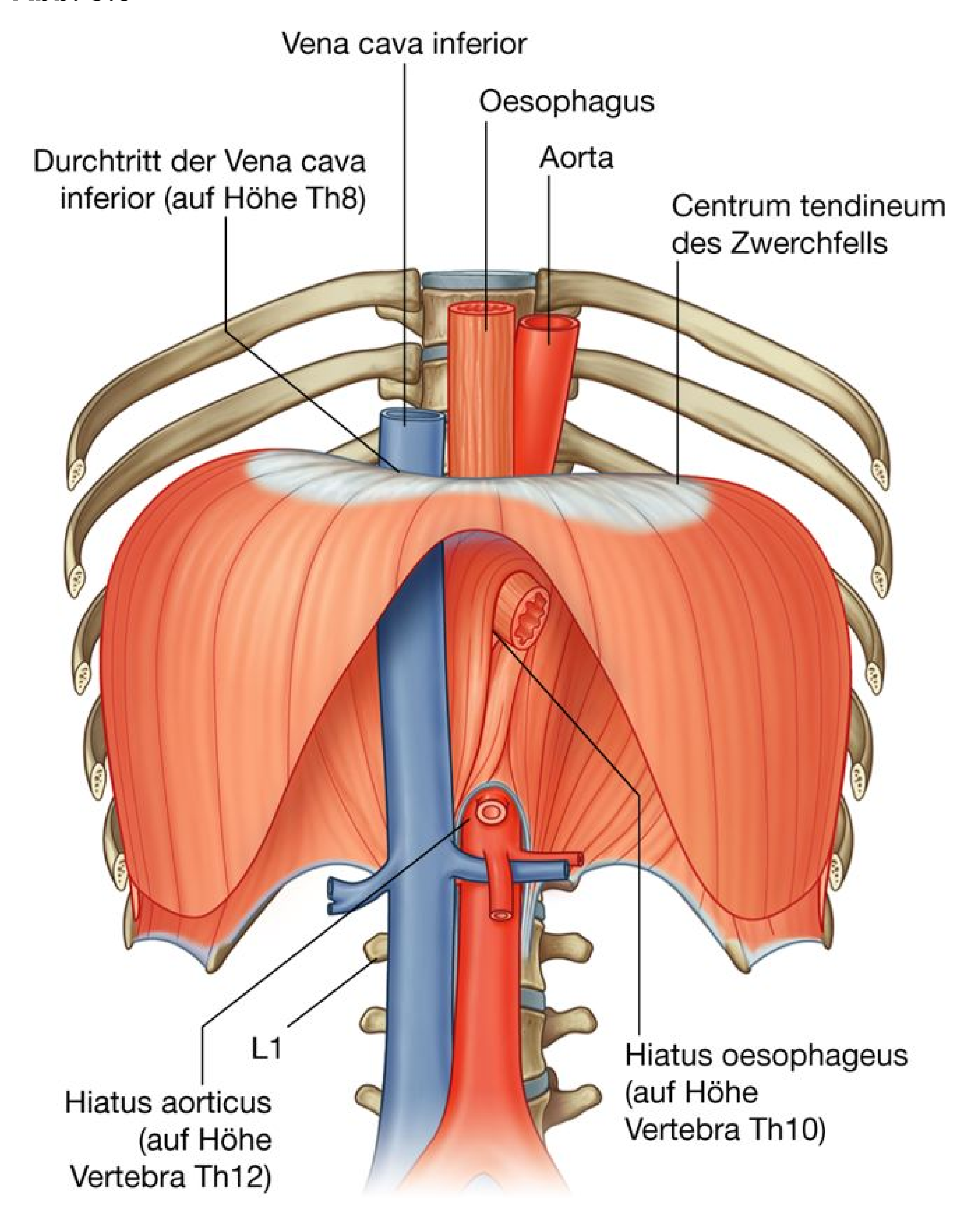
Mamma (Brustdrüse)

Die Mammae, die aus sekretorischen Drüsen, einer oberflächlichen Faszie und darüberliegender Haut bestehen, befinden sich in der **Regio pectoralis** auf beiden Seiten der vorderen Thoraxwand (Abb. 3.9).

Äste der Arteriae und Venae thoracicae internae durchbrechen auf beiden Seiten lateral des Sternums die Brustwand und versorgen den vorderen Anteil der Brustwand. Die Äste, die aus dem zweiten bis vierten Interkostalraum hervorgehen, versorgen zusätzlich auch die anteromedialen Anteile jeder Brust mit Blut.

Lymphgefäße aus den medialen Anteilen der Mammae begleiten die perforierenden Gefäße und drainieren in parasternale Lymphknoten (Nodi lymphoidei parasternales) in der Tiefe der vorderen Brustwand:

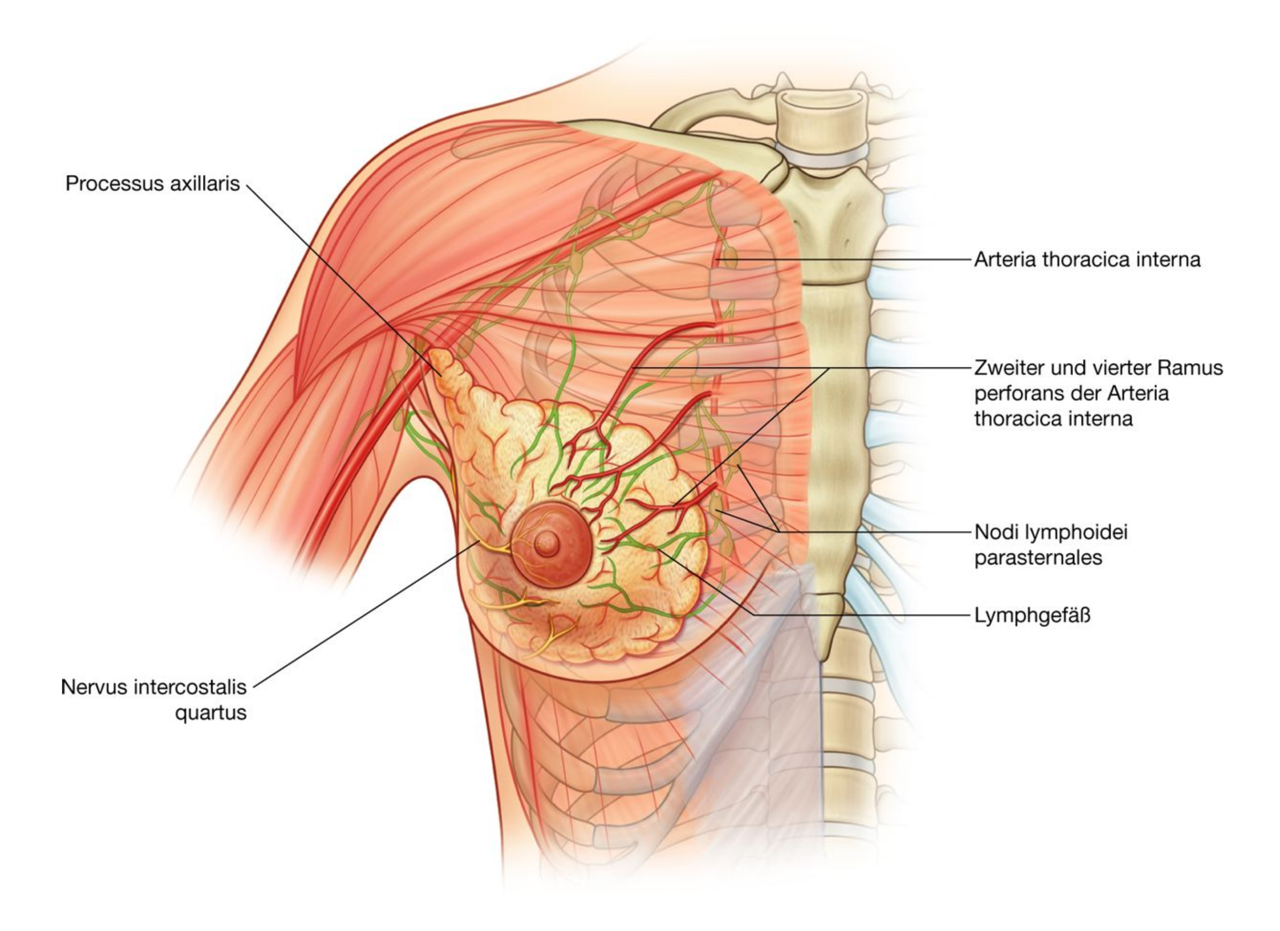
Abb. 3.8



Hauptstrukturen, die zwischen Abdomen und Thorax verlaufen.

110

Abb. 3.9



Rechte Mamma.

- Blut- und Lymphgefäße von und zu lateralen Anteilen der Brust kommen aus oder verlaufen zur **Regio axillaris** der oberen Extremität.
- Rami laterales und anteriores der 4. – 7. Spinalnerven innervieren die Haut der Mamma.

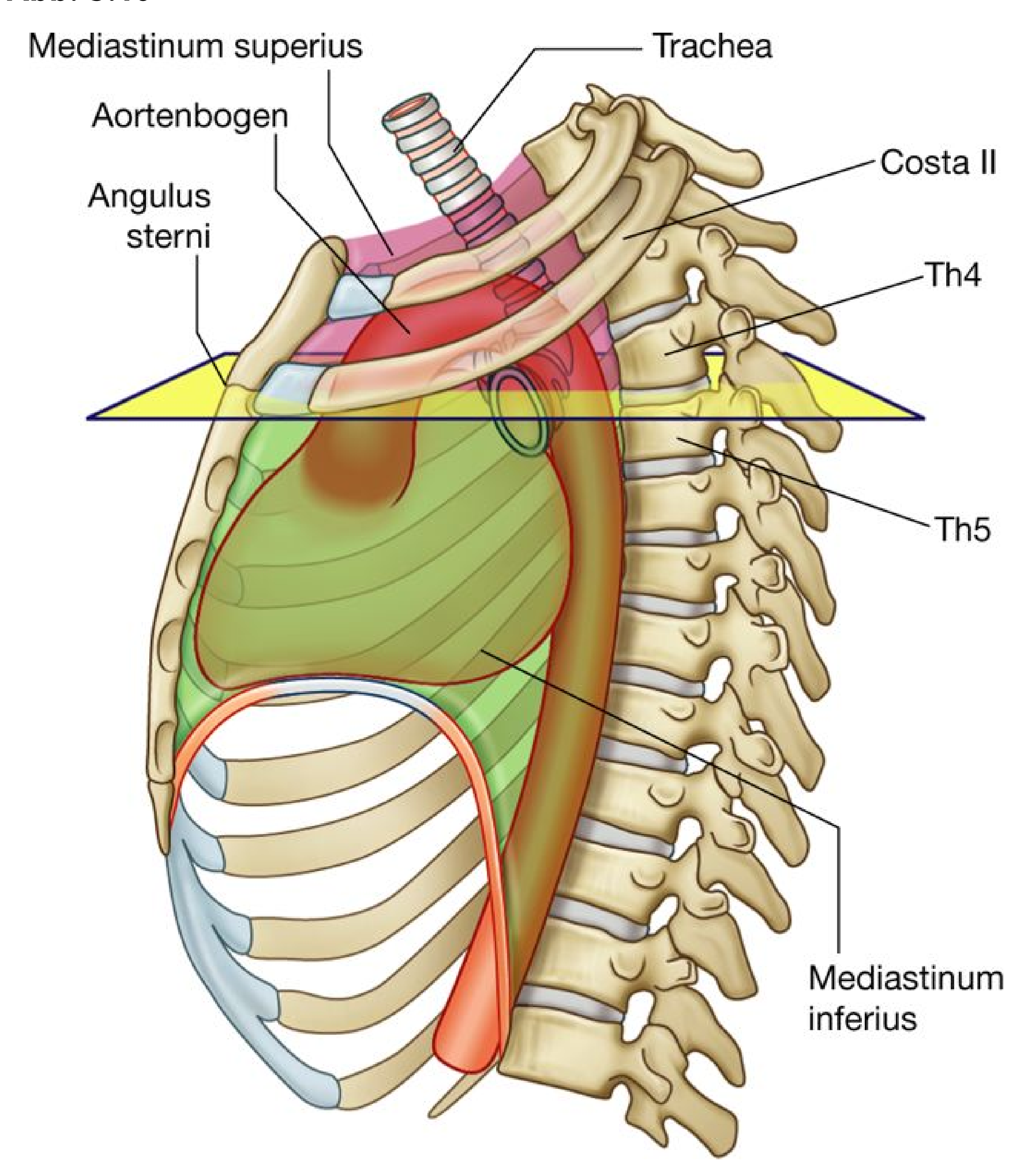
BESONDERHEITEN

Level zwischen Wirbelkörper Th4/5

Bei der Arbeit am Patienten orientiert sich der Arzt zur Angabe der Position wichtiger anatomischer Strukturen innerhalb des Körpers an der Lage/Höhe der Wirbelkörper.

Eine durch die Zwischenwirbelscheibe zwischen den Wirbelkörpern Th4 und Th5 gelegte horizontale Ebene ist aus folgenden Gründen einer der wichtigsten Orientierungspunkte am Körper (Abb. 3.10):

Abb. 3.10



Wirbelkörperlevel Th4/5.

- Sie verläuft ventral durch den Angulus sterni und markiert die Position der Articulatio sternocostalis der 2. Rippe. Der Angulus sterni wird zum Auffinden der 2. Rippe bei der Rippenzählung genutzt. (Dies ist nötig, da die 1. Rippe aufgrund der darüber verlaufenden Clavicula nicht tastbar ist.) 111 112
- Sie trennt das obere vom unteren Mediastinum und markiert die Position der oberen Grenze des Perikards.

- Sie markiert den Bereich, in dem der Aortenbogen beginnt und endet.
- Sie verläuft durch den Bereich, in dem die Vena cava superior den Herzbeutel durchbricht, um das Herz zu erreichen.
- Sie liegt auf Höhe der Trachealbifurkation (Aufspaltung in rechten und linken Hauptbronchus).
- Sie markiert die obere Grenze des Truncus pulmonalis.

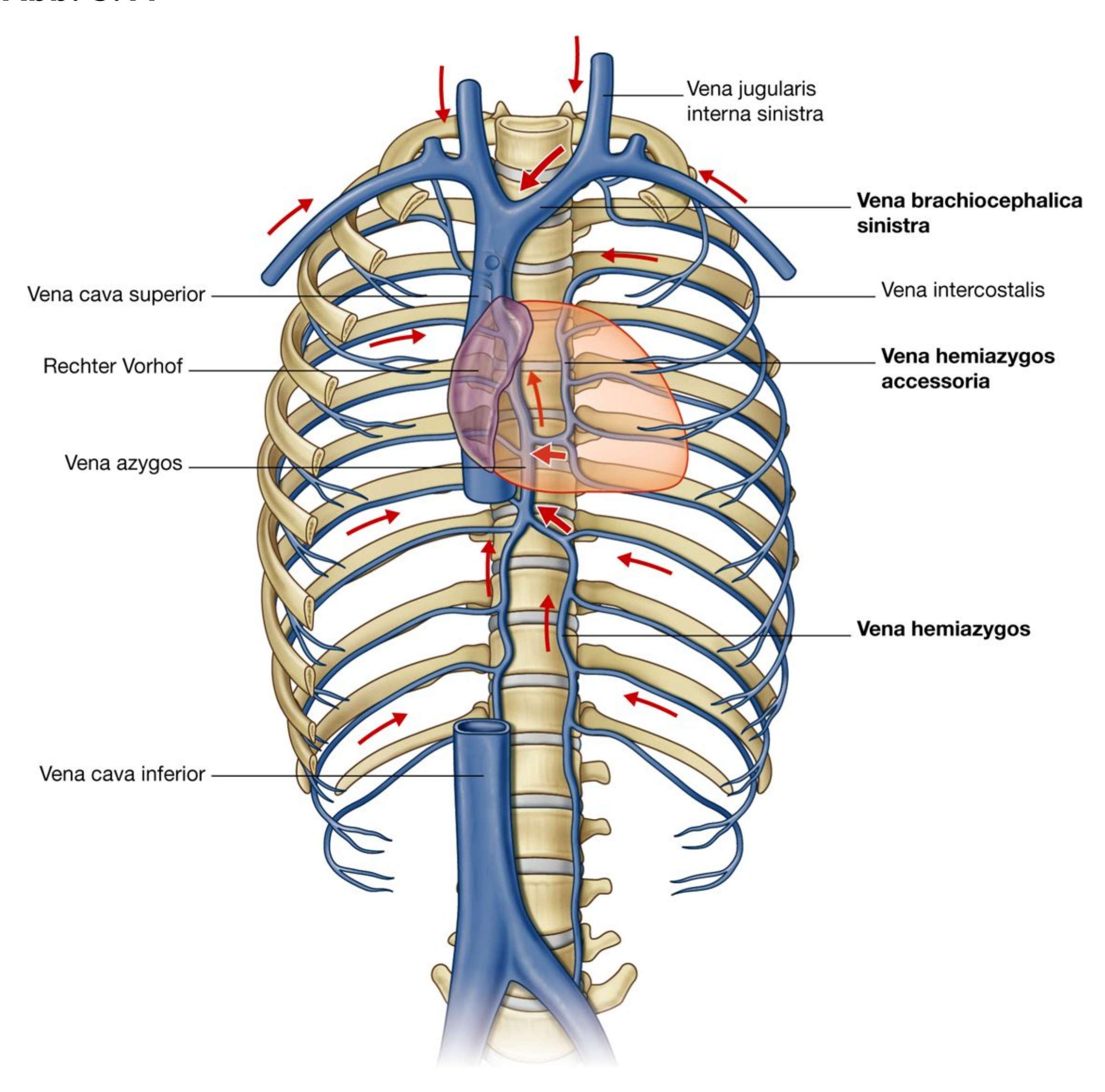
Venöse Links-rechts-Shunts

Der **rechte Herzvorhof** (**Atrium dexter**) nimmt sauerstoffarmes Blut auf, das aus der Zirkulation durch den großen Körperkreislauf zum Herzen zurückkehrt. Er liegt genauso wie die obere und die untere Hohlvene (Venae cavae superior und inferior), die beide in den rechten Vorhof einmünden, etwas rechts von der Mittellinie. Somit muss das gesamte Blut aus der linken Körperseite die Mittellinie passieren, um auf die rechte Seite zur Vena cava superior oder inferior zu gelangen. Zur Verbindung zwischen linker und rechter Körperseite (Links-rechts-Shunt) existiert daher eine Reihe wichtiger und teilweise recht großer Venen, von denen einige im Thorax liegen (Abb. 3.11).

Beim Erwachsenen überkreuzt die Vena brachiocephalica sinistra unmittelbar hinter dem Manubrium sterni die Mittellinie und führt Blut von der linken Seite des Kopfes und des Halses, von der linken oberen Extremität und von Teilen der linken Thoraxwand in die Vena cava superior.

Die Vena hemiazygos und die Vena hemiazygos accessoria drainieren venöses Blut von der hinteren und der seitlichen Brustwand der linken Körperseite. Beide Venen kreuzen direkt auf der Brustwirbelsäule liegend von links nach rechts und münden in die auf der rechten Seite der Brustwirbelsäule verlaufende Vena azygos ein, die ihr Blut direkt in die Vena cava superior abgibt.

Abb. 3.11



Venöse Links-rechts-Shunts..

112
113

Segmentale Innervation und Blutgefäßversorgung der Thoraxwand

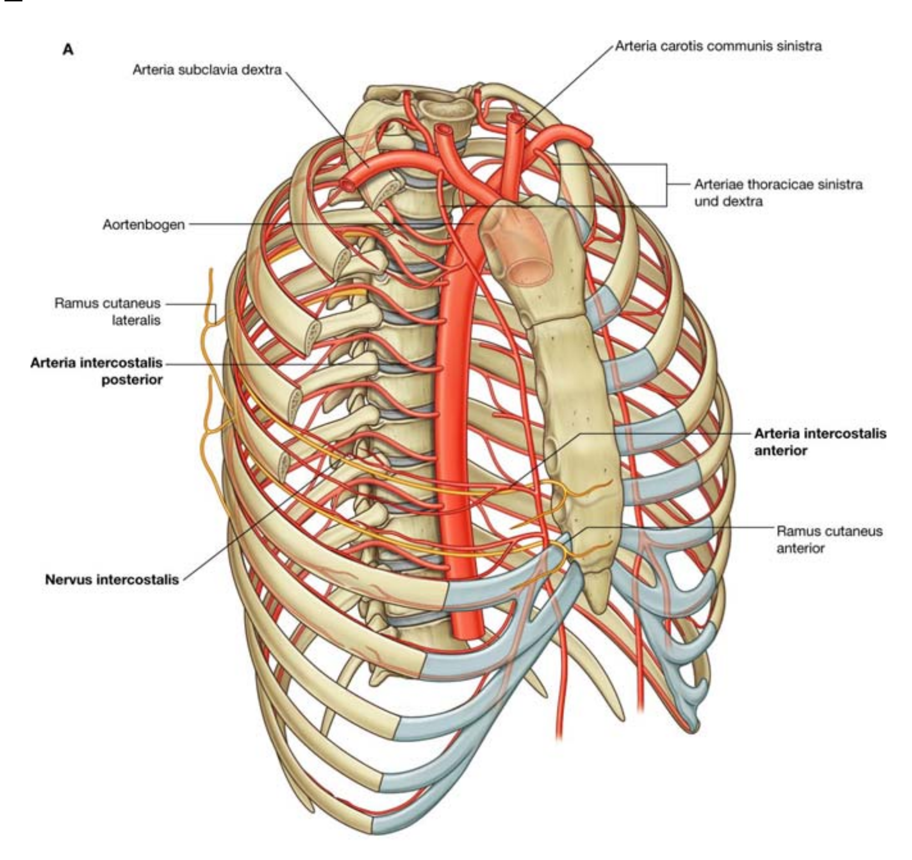
Die Anordnung von Blutgefäßen und Nerven der Thoraxwand spiegelt die segmentale Gliederung der Wand wider. Die arterielle Versorgung erfolgt aus zwei Quellen:

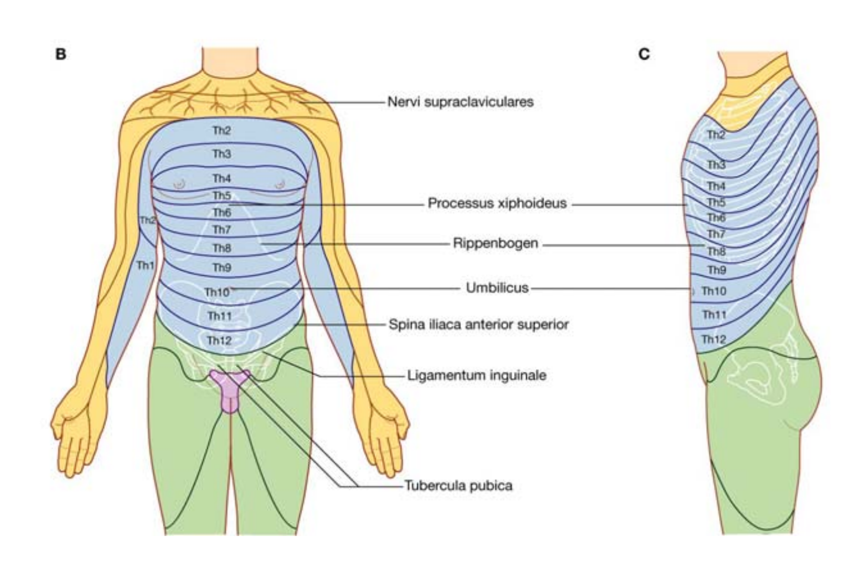
- Der Aorta thoracica, die im hinteren Mediastinum liegt
- Der paarigen Arteria thoracica interna, die parasternal auf der rechten und linken Rückseite der vorderen Brustwand verläuft.

Aus diesen Gefäßen entspringen hintere und vordere Interkostalarterien (Arteriae intercostales posteriores und anteriores), die im Bereich der seitlichen Brustwand miteinander in Verbindung stehen und hauptsächlich beidseits entlang dem Rippenunterrand verlaufen (Abb. 3.12A).

Parallel mit den Gefäßen ziehen die Interkostalnerven (Nervi intercostales), welche die Thoraxwand, die entsprechende parietale Pleura und das zugehörige Hautareal innervieren. *Die Lage der Gefäße und Nerven am Unterrand der Rippen muss bei invasiven Manövern durch den Arzt, z.B. bei einer Pleurapunktion mit einer Kanüle, beachtet werden. Punktionen erfolgen daher am Oberrand der Rippe, da hier keine Verletzungsgefahr besteht.*

Abb. 3.12





A. Segmentale Innervation und Blutgefäßversorgung der Thoraxwand. **B**. Blick von vorn auf die thorakalen Dermatome mit den zugehörigen Spinalnerven. **C**. Blick von der Seite auf die thorakalen Dermatome mit den zugehörigen Spinalnerven.

Die Dermatome auf der Thoraxwand spiegeln die segmentale Anordnung der thorakalen Spinalnerven wider (Abb. 3.12B). Eine Ausnahme bildet das erste thorakale Dermatom (Th1), das an der oberen Extremität und nicht am Körperstamm liegt.

Die Haut im unteren Bereich des Halses, über der Clavicula und dem oberen Teil der Brustwand wird von Rami ventrales der Spinalnervs C4 über Rami supraclaviculares aus dem Plexus cervicalis (Erb-Punkt, Punctum nervosum) innerviert.

Das am weitesten kranial gelegene thorakale Dermatom an der vorderen Brustwand ist Th2, das sich teilweise auf die obere Extremität erstreckt. Die in der Mittellinie über dem Processus xiphoideus des Brustbeins gelegene Haut wird aus Th6 innerviert. Die Dermatome von Th7 bis Th12 folgen der Kontur der Rippen auf der vorderen Abdominalwand (Abb. 3.12C). Wichtige Landmarken sind Th4 auf Höhe der Brustwarzen und Th10 auf Höhe des Nabels.

Sympathisches Nervensystem

Alle präganglionären Nervenfasern des Sympathikus haben ihr Kerngebiet im Seitenhorn des Rückenmarks von Th1 bis L2 und verlassen es über die entsprechenden Spinalnerven (Abb. 3.13). Das bedeutet, dass alle sympathischen Fasern, die irgendwo im Körper vorkommen, ursprünglich aus diesem Abschnitt des Rückenmarks und über die entsprechenden Spinalnerven hervorgegangen sind. Präganglionäre sympathische Nervenfasern zum Kopf verlassen das Rückenmark über den Spinalnerv Th1.

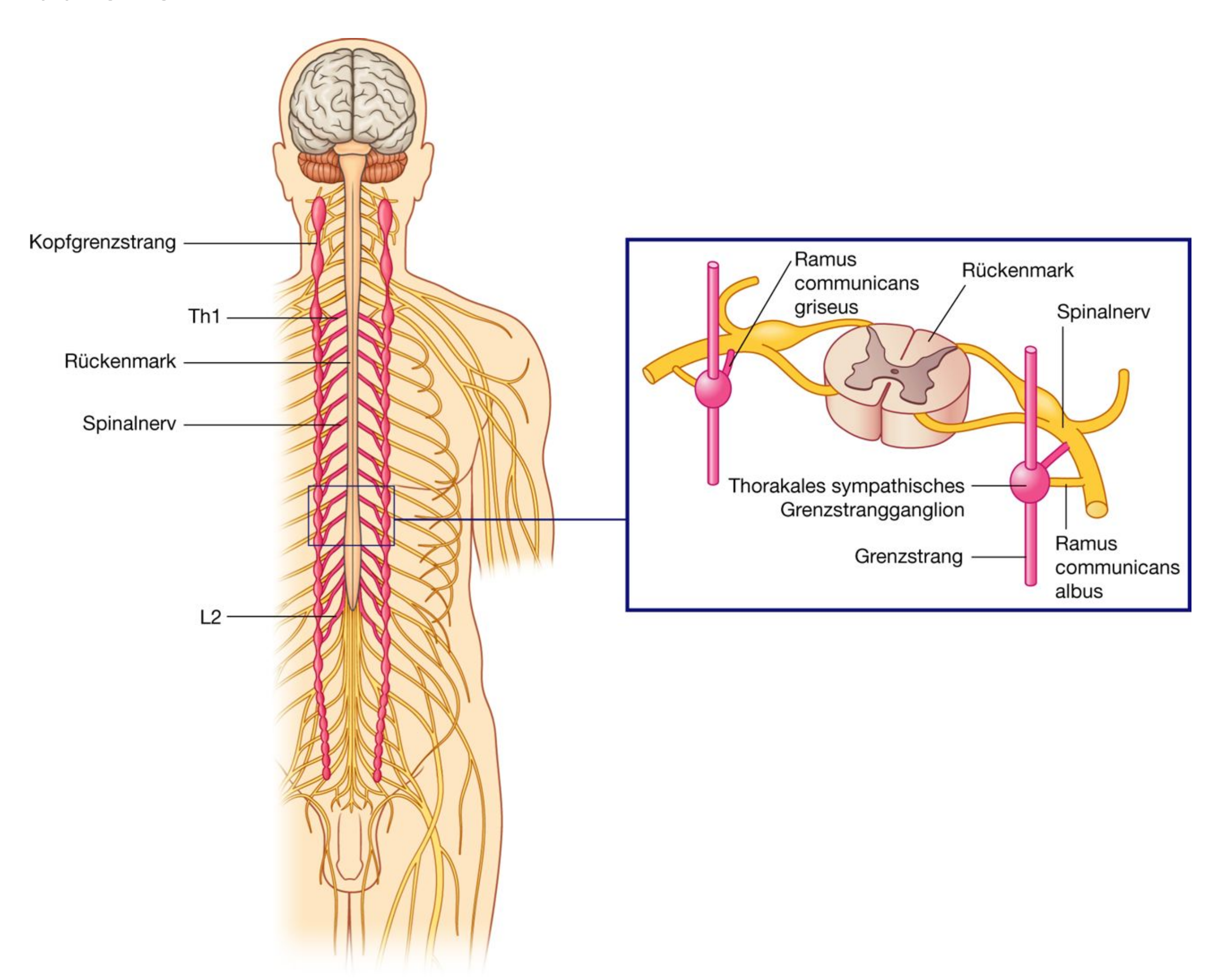
Flexibilität der Brustwand und der unteren Thoraxapertur

Die Brustwand ist aufgrund der Form und Orientierung der Rippen sowie aufgrund der Tatsache, dass die Rippen mit den anderen Strukturen der Brustwand über echte Gelenke artikulieren, flexibel dehnbar (Abb. 3.14).

Die dorsale Befestigung der Rippe an der Wirbelsäule liegt oberhalb ihrer Befestigung am Sternum oder am Rippenbogen. Dadurch wird die vordere Brustwand bei der Rippenhebung relativ zur hinteren Brustwand, die fixiert ist, nach ventral bewegt. Außerdem liegt der mittlere, laterale Anteil jeder Rippe tiefer als die beiden Enden der Rippe, sodass sich der Brustkorb bei der Rippenhebung nach lateral ausdehnt. Schließlich erweitert das Zwerchfell, das sich als Muskelplatte bei Kontraktion zusammenzieht, den Thoraxinnenraum in vertikaler Richtung. Diese Bewegungen der Thoraxwand nach vorn, zur Seite und nach unten bilden die Grundlage für die Atmung.

114

Abb. 3.13



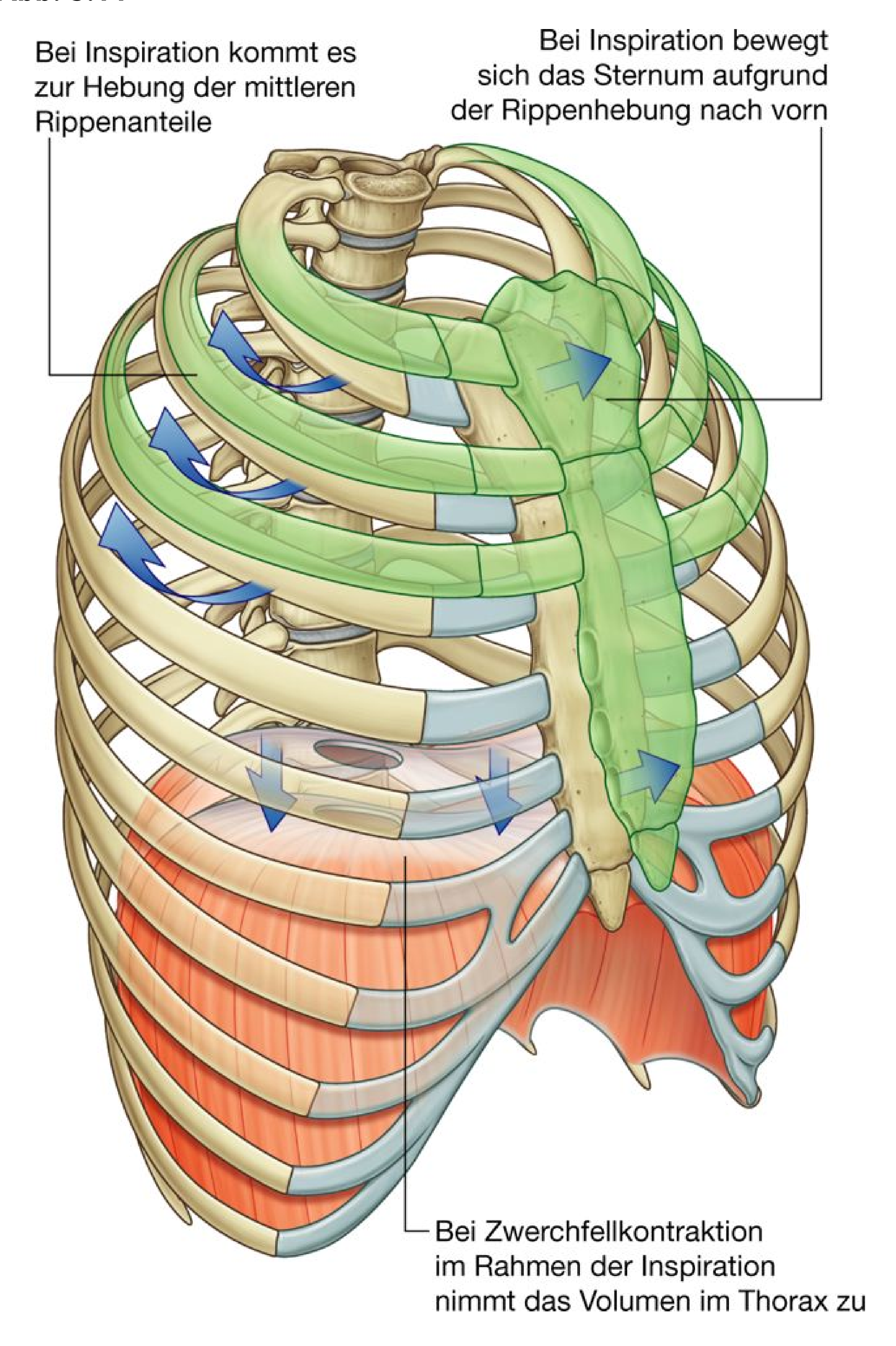
Grenzstränge.

Innervation des Zwerchfells

Das Zwerchfell wird von den beiden Nervi phrenici innerviert, die beidseits aus Ästen des Plexus cervicalis hervorgehen (Abb. 3.15). Die entsprechenden Äste sind C3, C4 und C5, wobei die Hauptanteile aus C4 stammen.

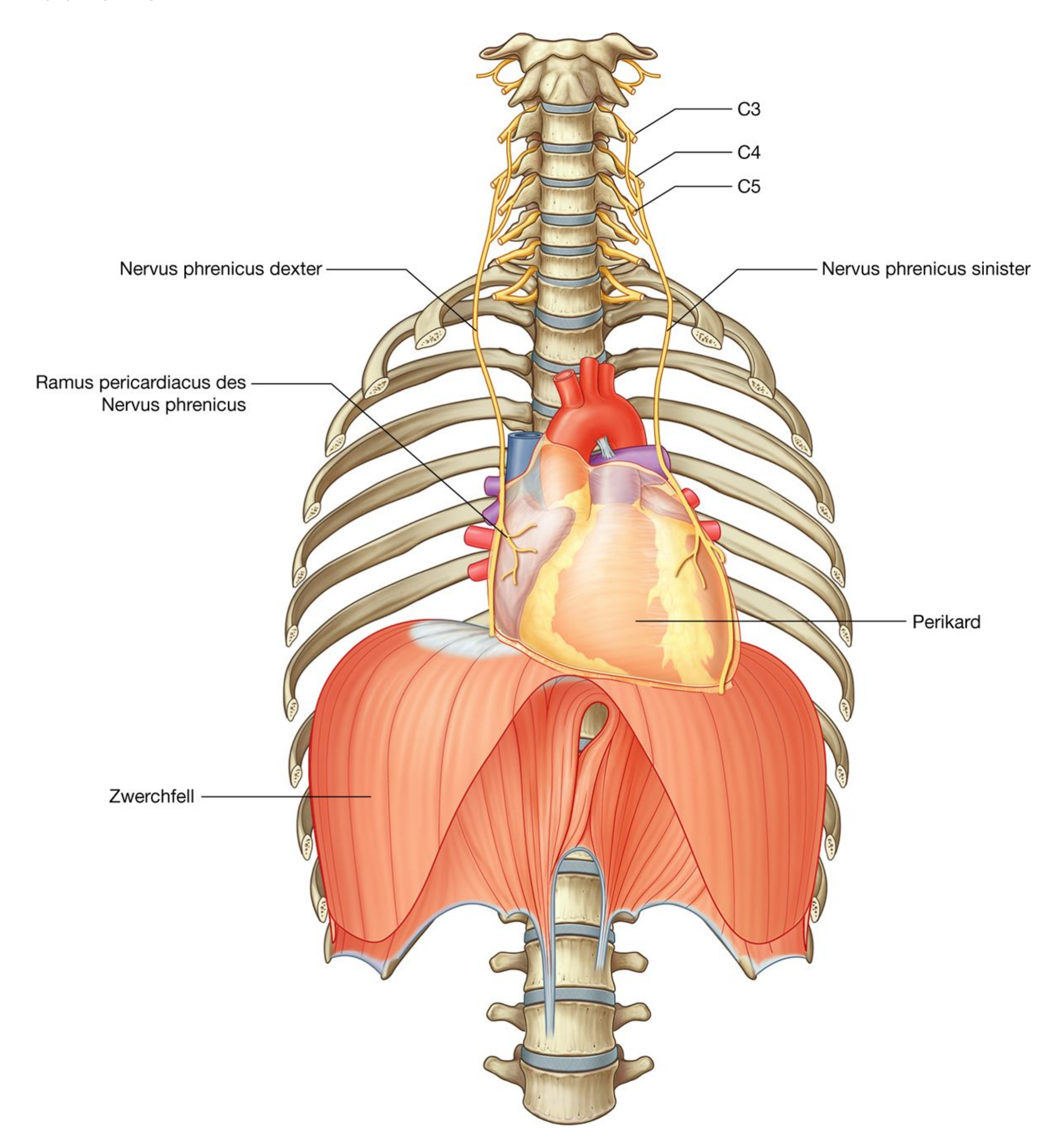
Die **Nervi phrenici** verlaufen in vertikaler Richtung durch den Hals, durch die obere Thoraxapertur und durch das Mediastinum, um das gesamte Zwerchfell inklusive der Zwerchfellschenkel (Muskelschlingen, die das Zwerchfell an den -oberen Lumbalwirbelkörpern fixieren) motorisch zu innervieren. Im Mediastinum verlaufen die Nervi phrenici ventral der Lungenwurzeln. Außer motorischen Fasern führen die Nervi phrenici sensible Fasern zur Innervation der Pleura media-stinalis, des Perikards und des Bauchfells auf der Unterseite des Zwerchfells.

Abb. 3.14



Flexibilität der Brustwand und der unteren Thoraxapertur.

Abb. 3.15



Innervation des Zwerchfells.

Das Gewebe, aus dem das Zwerchfell hervorgeht, liegt in einer anterioren Position in der Keimscheibe, bevor sich die Kopfbucht entwickelt. Dies erklärt den zervikalen Ursprung der Nerven, die das Zwerchfell innervieren. Mit anderen Worten entwickelt sich das Gewebe, aus dem das Zwerchfell später hervorgeht, viel weiter kranial, als das Zwerchfell letztendlich zu liegen kommt.

Rückenmarksverletzungen unterhalb des Ursprungslevels des Nervus phrenicus beeinträchtigen die Beweglichkeit des Zwerchfells daher nicht.

Topographie

Der zylinderförmige Thorax besteht aus

- einer Wand,
- zwei Pleurahöhlen,
- den Lungen,
- dem Mediastinum.

Der Thorax enthält Herz und Lungen, dient als Transitstrecke für Strukturen, die den Hals und das Abdomen miteinander verbinden, und spielt die Hauptrolle im Rahmen der Atmung. Außerdem schützt die Thoraxwand Herz und Lungen und dient der oberen Extremität als Ansatz. Muskeln, die an der vorderen Thoraxwand entspringen, tragen zu letzterer Funktion bei. Die Muskeln bilden gemeinsam mit dem zugehörigen Bindgewebe, den Nerven, Blutgefäßen, der darüberliegenden Haut und der oberflächlichen Faszie die Regio pectoralis.

REGIO PECTORALIS

Die Regio pectoralis liegt vorn außen an der Wand des Thorax und trägt zur Befestigung der oberen Extremität am Brustkorb bei. Sie besteht aus

- einem oberflächlichen Kompartiment aus Haut, oberflächlicher Faszie sowie der Brust (Mamma),
- einem tiefen Kompartiment, das Muskulatur und assoziierte Strukturen enthält.

Die Nerven, Blutgefäße und Lymphgefäße des oberflächlichen Kompartiments kommen aus der Wand des Thorax, aus der Axilla und aus dem Hals.

Brust (Mamma)

Die Brüste beinhalten die Brustdrüsen (Glandulae mammariae) mit einem bindegewebigen Stroma, das Fettgewebe enthält, und zugehöriger Haut. Jede Mamma besteht aus 10 – 20 Einzeldrüsen (Lobi) und liegt auf der Fascia pectoralis vor der vorderen Brustwand (Abb. 3.16).

Jeder Lobus mündet mit einem eigenen Ausführungsgang **(Ductus lactiferi)** auf der **Brustwarze (Papilla mammaria)**. Die Ausführungsgänge verzweigen sich im Stroma weiter in Ductus lactiferi. Der Terminalduktus stellt als Endabschnitt des Gangsystems die Verbindung zum Endstück des Lobulus her. Die Brustwarze besteht aus einem bindegewebigen Grundstock und ist wie der **Warzenvorhof (Areola)** von meist sehr stark pigmentierter Epidermis bedeckt.

Das die Lobi umgebende bindegewebige Stroma verdichtet sich regelmäßig zu bandartigen Strukturen, **Ligamenta suspensoria mammaria**, die in die Dermis der Haut und teilweise in die Fascia pectoralis einstrahlen und die Mamma so befestigen. *Mammakarzinome üben oftmals Zug auf die Bänder aus. Dies geht mit Hauteinziehungen einher*.

Die vorherrschende Komponente in der nicht laktierenden Mamma ist Fett. In der laktierenden Drüse sind die Lobuli gegenüber dem Ruhezustand enorm vergrößert, sodass die Mamma hauptsächlich aus Drüsenparenchym besteht.

Die Mamma liegt auf der Fascia pectoralis und den Faszien der benachbarten Muskeln. Eine Schicht aus lockerem Bindegewebe (der **retromammäre Spalt**) trennt die Brust von der darunterliegenden Faszie und ermöglicht so einen gewissen Bewegungsspielraum auf den darunterliegenden Strukturen.

Die Basis oder Ansatzfläche der Brust erstreckt sich von der 2. bis 4. Rippe sowie vom Sternum bis zur Medioaxillarlinie.

Bei der Brustuntersuchung muss berücksichtigt werden, dass sich der obere laterale Anteil der Mamma bis zum äußersten Rand des Musculus pectoralis und bis in die Axilla erstrecken kann. Dieser Processus axillaris (axillärer Fortsatz) kann die tiefe Faszie durchbrechen und weit nach oben in die Axilla reichen.

Arterielle Blutversorgung

Die Mamma hat zur Thoraxwand und zur oberen Extremität Beziehung. Daher erfolgt die Blutversorgung über verschiedene Quellen (Abb. 3.16):

- Von lateral über Äste der Arteria axillaris – Arteriae thoracica superficialis, thoracoacromialis, thoracica lateralis, subscapularis
- Von medial über Äste aus der Arteria thoracica interna (Arteria mammaria)
- Über Rami perforantes der zweiten bis vierten Interkostalarterie, welche die Brustwand und den Musculus pectoralis durchbrechen.

Venöser Blutabfluss

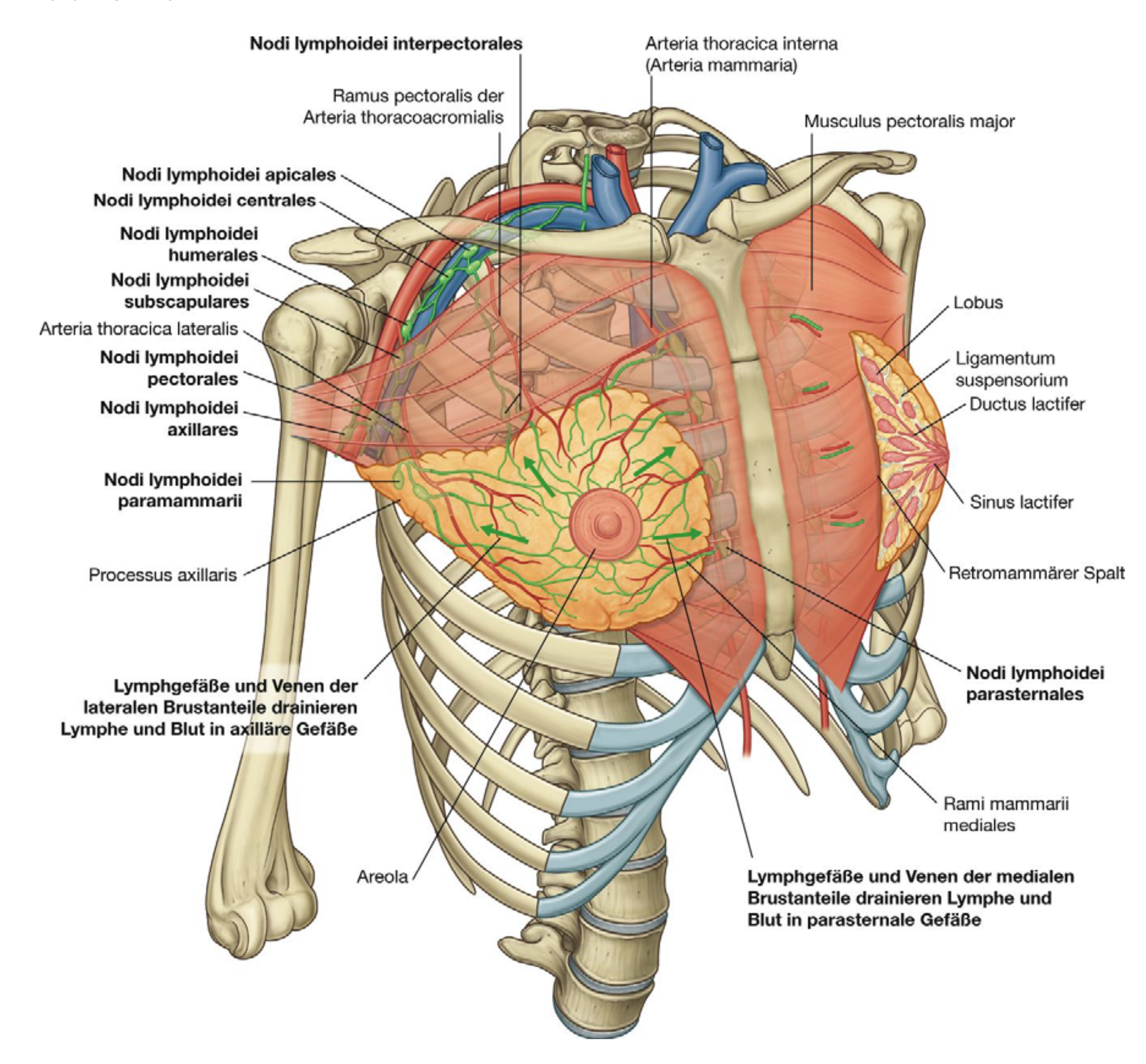
Die Venen begleiten die Arterien und drainieren das Blut letztlich in die Venae axillaris, thoracica interna und intercostales.

Innervation

Die Innervation erfolgt über Rami cutanei anteriores und Rami cutanei laterales des zweiten bis sechsten Interkostalnervs. Die Brustwarze wird über den vierten Interkostalnerv innerviert (zugehöriges Dermatom Th4).

117

Abb. 3.16



Mammae.

Lymphabfluss

Der Lymphabfluss der Mamma gliedert sich folgendermaßen:

- Nahezu 75 % der Lymphgefäße drainieren die Lymphe nach lateral oben in die **Nodi lymphoidei axillares** (Abb. 3.16); dabei wird ein Teil dieser Lymphe zunächst in Nodi lymphoidei interpectorales und von hier weiter in die axillären Lymphknoten transportiert.
- Der größte Teil der verbleibenden Lymphe wird in parasternale Lymphknoten entlang der Arteria thoracica interna drainiert.
- Ein geringer Teil wird über Lymphgefäße drainiert, die den lateralen Ästen der Interkostalarterien folgen und zu Nodi lymphoidei paramammarii und Nodi lymphoidei subscapulares führen.

Die Nodi lymphoidei axillares drainieren ihre Lymphe in den Truncus subclavius dexter im rechten Venenwinkel, die Nodi lymphoidei parasternales führen ihre Lymphe den bronchomediastinalen Lymphknoten (Nodi lymphoidei broncho-mediastinales) zu, und die interkostalen Lymphknoten (Nodi lymphoidei paramammarii, Nodi lymphoidei subscapulares) drainieren entweder direkt in den Ductus thoracicus oder ebenfalls in die bronchomediastinalen Lymphknoten.

Unter klinischen Gesichtspunkten werden die Lymphknoten aus dem Abflussbereich der Mamma in drei Level eingeteilt:

118

119

- *Level I – lateral vom Musculus pectoralis minor (Nodi lymphoidei humerales, subscapulares, pectorales, paramammarii)*
- *Level II – unter dem Musculus pectoralis minor (Nodi lymphoidei interpectorales, centrales)*
- Level III – medial vom Musculus pectoralis minor (Nodi lymphoidei apicales, parasternales).

Brust des Mannes

Die Brustdrüse des Mannes ist nur rudimentär angelegt, besteht aus verzweigten Milchgängen, die blind enden und die Areola normalerweise nicht erreichen. *Brustkrebs kann allerdings auch beim Mann auftreten.*

Klinik

Brustkrebs (Mammakarzinom) Der Brustkrebs ist einer der häufigsten bösartigen Tumoren bei Frauen (in den westlichen Industrieländern der häufigste maligne Tumor der Frau). In frühen Stadien beinhaltet eine kurative Therapie chirurgische Verfahren, Strahlen- und Chemotherapie.

Brustkrebs kann von den kubischen Epithelzellen der Endstücke oder den Epithelzellen der Ausführungsgänge ausgehen. Das Tumorwachstum und die Ausbreitung hängen vom exakten Ausgangsgewebe ab. Das Ansprechen auf chirurgische Verfahren, eine Strahlen– oder eine Chemotherapie ist von beiden Faktoren abhängig. Brustkrebs breitet sich entlang den Lymphgefäßen und Venen aus oder wächst direkt in das umliegende Gewebe (infiltrierend).

Wenn eine Patientin mit einem „Knoten“ in der Brust vorstellig wird, wird die Diagnose „Brustkrebs“ durch eine Gewebebiopsie mit histologischer Untersuchung gesichert. Sobald die Diagnose „Brustkrebs“ feststeht, wird vom behandelnden Arzt ein sog. Tumorstaging durchgeführt.

Das **Tumorstaging** dient der Definition folgender Parameter und wird nach der TNM-Klassifikation (T = Tumor, N = Nodus – befallene Lymphknoten, M = Metastasen – befallene Organe) angegeben:

- Größe des Primärtumors (T)
- Genaue Lokalisation des Primärtumors
- Zahl und Lokalisation befallener Lymphknoten (N)
- Organe, in die der Primärtumor gestreut hat (M).

Diagnostische Verfahren sind z. B. die Computertomographie (CT), um eine Metastasierung in die Lunge, in die Leber oder in den Knochen zu untersuchen.

Ein weiteres bildgebendes Verfahren ist die Knochen-szintigraphie, bei der radioaktiv markierte Isotope eingesetzt werden, die vermehrt von Knochenmetastasen eingelagert werden.

Die Lymphdrainage aus der Brust ist komplex. Die Lymphe wird zu axillären, supraklavikulären, parasternalen und abdominalen Lymphknotenstationen sowie in die gegenüberliegende Brust transportiert.

Die Therapie von in benachbarte Lymphknoten metastasiertem Brustkrebs ist daher potenziell schwierig, weil so viele verschiedene Lymphknotenregionen befallen sein können.

Subkutane Verschlüsse von Lymphgefäßen durch Tumorgewebe und der Zug des Tumors an der Haut durch das Einwachsen in die Ligamenta suspensoria der Brust führent zum Erscheinungsbild der „Apfelsinenhaut“ **(Peau d'Orange)**. Eine weitere Manifestation des subkutanen Wachstums kann zu einer harten, baumartigen Textur der Haut führen **(Cancer en cuirasse)**.

Eine Mastektomie (die chirurgische Entfernung der gesamten Brust einer Seite) umfasst die Exzision des Brustgewebes bis auf die Fascia pectoralis hinab. Im Bereich der Axilla muss das Brustdrüsengewebe von der medialen axillären Wand entfernt werden. Hierbei muss der auf der medialen Wand verlaufende Nervus thoracicus longus geschont werden, da es sonst durch Lähmung des Musculus serratus anterior zum charakteristischen Bild der „Scapula alata“ kommt (die Scapula hebt sich bei Bewegungen des Arms vom Brustkorb ab). Eine weitere Gefahr besteht in einer intraoperativen Beschädigung des Nervus thoracodorsalis, der den Musculus latissimus dorsi innerviert. Dies führt zu Einschränkungen der Retroversion, der Innenrotation und der Adduktion des Humerus.

Aufgrund besserer diagnostischer Verfahren ist eine komplette Mastektomie zur Behandlung des Mammakarzinoms immer seltener erforderlich. Heute stehen bei der Behandlung des Mammakarzinoms zwei Behandlungsoptionen zur Auswahl: die brusterhaltenden Verfahren (ca. zwei Drittel) und die modifiziert radikale Mastektomie unter Erhaltung des Musculus pectoralis.

119

Muskeln der Regio pectoralis

Jede Regio pectoralis umfasst einen Musculus pectoralis major, einen Musculus pectoralis minor und einen Musculus subclavius (Abb. 3.17 und Tab. 3.1). Alle drei Muskeln entspringen von der vorderen Thoraxwand und inserieren an Knochen des Schultergürtels und der oberen Extremität.

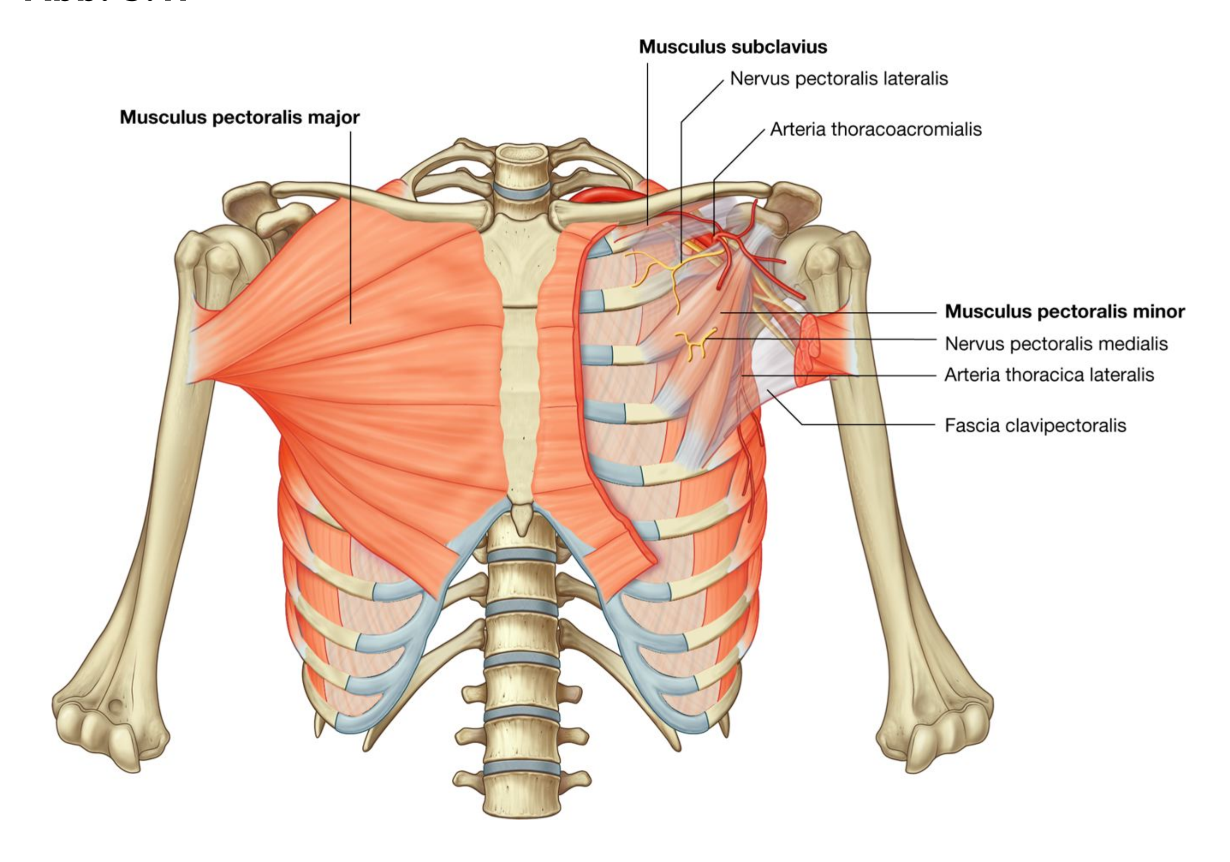
Musculus pectoralis major

Der **Musculus pectoralis major** ist der größte und am weitesten oberflächlich gelegene Muskel der Regio pectoralis. Er bildet die Grundlage der Brust und ist von ihr nur durch die Fascia pectoralis und den retromammären Spalt getrennt.

Der Musculus pectoralis major hat einen breiten Ursprung von der medialen Hälfte der Vorderfläche der Clavicula, von der Membrana sterni sowie von den benachbarten Rippenknorpeln. Die Muskelfasern schließen sich zu einer flachen Sehne zusammen, die am proximalen Ende des Humerus inseriert.

Der Musculus pectoralis major adduziert, beugt und innenrotiert den Arm.

Abb. 3.17



Muskeln und Faszien der Regio pectoralis.

Musculus subclavius und Musculus pectoralis minor

Der **Musculus subclavius** und der **Musculus pectoralis minor** liegen unter dem Musculus pectoralis major:

- Der Musculus subclavius ist klein und verläuft lateral vom vorderen, mittleren Anteil der 1. Rippe zum Unterrand der Clavicula, an der er breitflächig inseriert.
- Der Musculus pectoralis minor entspringt an den Vorderflächen der Costae II bis IV und inseriert am Processus coracoideus der Scapula.

Beide Muskeln ziehen die Schulter nach vorn unten.

Eine Fortsetzung der tiefen Faszie, die Fascia clavipectoralis, scheidet Musculus subclavius und Musculus pectoralis minor ein. Sie ist oben an der Clavicula befestigt und strahlt unten in die Axilla ein.

Die Muskeln der Regio pectoralis bilden den Vorderrand der Axilla, ein Gebiet, durch das alle großen Strukturen verlaufen, die den Hals mit der oberen Extremität verbinden. Alle Nerven, Blutgefäße und Lymphgefäße, die zwischen der Regio pectoralis und der Axilla verlaufen, treten entweder zwischen dem Musculus subclavius und dem Musculus pectoralis minor oder unterhalb der Unterränder der Musculi pectorales major und minor durch die Fascia clavipectoralis.

120

Tab. 3.1 Muskeln der Regio pectoralis

Muskeln	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus pectoralis major	Mediale Hälfte der Clavicula und Vorderfläche des Sternum, erste sieben Rippenknorpel, Aponeurose des Musculus obliquus externus	Proximaler Anteil des Humerus (Crista tuberculi majoris)	Nervi pectorales mediales und laterales	Adduktion und Innenrotation im Schultergelenk, Senken des elevierten Arms, Führen des Arms vor dem Körper zur Gegenseite, Vorziehen und Senken der Schulter, Bewegung des Rumpfes in Richtung des Arms
Musculus subclavius	1. Rippe an der Grenze zwischen Rippe und Rippenknorpel	Sulcus musculi subclavii im mittleren Drittel der Clavicula	Nervus subclavius	Senken der Clavicula, Fixieren der Clavicula im Sternoklavikulargelenk, Spannen der Fascia clavipectoralis (Offenhalten der Vena subclavia)
Musculus pectoralis minor	Vorderfläche der 3., 4. und 5. Rippe, tiefe Brustwandfaszie, die die Interkostalräume bedeckt	Processus coracoideus der Scapula	Nervi pectorales mediales und laterales	Senken und Kippen des Schulterblattes, Drehung des Angulus inferior nach dorsomedial, Anheben der Rippen (Unterstützung der Inspiration) bei fixiertem Schultergürtel

THORAXWAND

Die Thoraxwand ist segmental aufgebaut und besteht aus Skelettelementen und Muskulatur. Sie erstreckt sich zwischen

- der oberen Thoraxapertur, die vom Wirbelkörper Th1, von der 1. Rippe sowie dem Manubrium sterni gebildet wird,
- der unteren Thoraxapertur, die vom Wirbelkörper Th12, von der 12. Rippe, dem Ende der 11. Rippe, dem Rippenbogen und dem Processus xiphoideus des Sternums gebildet wird.

Skelettelemente

Die Skelettelemente der Thoraxwand bestehen aus den thorakalen Wirbelkörpern, den zugehörigen Zwischenwirbelscheiben, den Rippen und dem Sternum.

Brustwirbel

Es gibt zwölf Brustwirbel (Th1 – 12), die über echte Gelenke mit den Rippen artikulieren.

Typischer Brustwirbel

Der typische Brustwirbel besteht aus einem herzförmigen **Wirbelkörper (Corpus vertebrae)** mit ungefähr gleichem horizontalen und sagittalen Durchmesser sowie mit einem langen **Processus spinosus** (Abb. 3.18). Das **Foramen vertebrale** ist normalerweise rund und die **Laminae arcus vertebrae** sind breit und überlappen mit den Laminae des darunterliegenden Wirbels. Der **Processus articularis superior** ist flach, die Gelenkfläche ist direkt nach dorsal gerichtet. Im Gegensatz dazu ist die Gelenkfläche des Processus articularis inferior, der unten von der Lamina arcus vertebrae kommt, direkt nach ventral gerichtet. Der **Processus transversus** ist keulenartig geformt und nach posterolateral gerichtet.

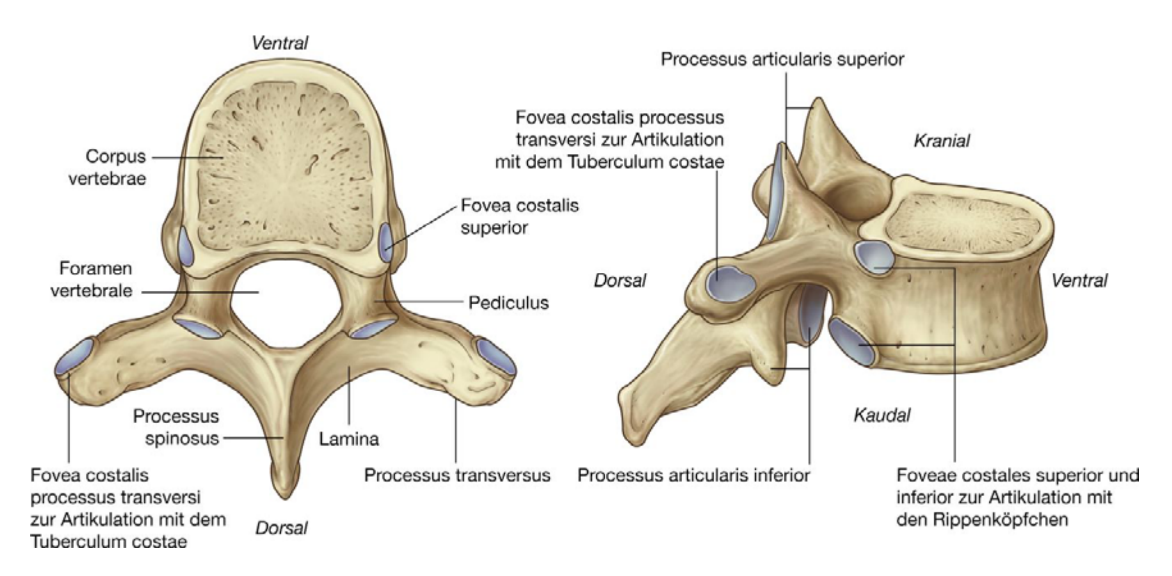
Kostovertebralgelenke

Der typische Brustwirbel artikuliert an drei Positionen mit einer Rippe:

- Zwei Halbfacetten (**Fovea costalis inferior** des oberen Brustwirbels und **Fovea costalis superior** des unteren Brustwirbels) artikulieren mit dem Caput costae der zum unteren Wirbelkörper gehörenden entsprechenden Rippe. Dadurch hat der typische Brustwirbel jeweils auf einer Seite Kontakt zur oberen und unteren Rippe.
- Über eine ovale Gelenkfacette **(Fovea costalis processus transversi)** am Ende des Processus transversus artikuliert dieser mit dem Tuberculum costae der zugehörigen Rippe.

121
122

Abb. 3.18



Typischer Brustwirbel.

Nicht alle Wirbelkörper artikulieren mit den Rippen in gleicher Weise (Abb. 3.19):

- Die Fovea costalis superior des Wirbelkörpers Th1 ist komplett und keine Halbfacette. Sie artikuliert als komplette Einzelfacette mit dem Köpfchen der eigenen Rippe – somit hat der Wirbelkörper C7 keinen Bezug zur 1. Rippe.
- In vergleichbarer Weise artikuliert der Wirbelkörper Th10 (und oft auch Th11) nur mit der zugehörigen eigenen Rippe und besitzt aus diesem Grund keine Fovea costalis inferior.
- Wirbelkörper Th11 und Th12 artikulieren nur mit den Köpfchen ihrer Rippen. Ein Gelenk und somit auch eine Fovea costalis kommt am Processus transversus nicht vor.

Rippen

Normalerweise existieren zwölf Rippenpaare, die an ihrem vorderen Ende in Rippenknorpel übergehen (Abb. 3.20).

Obwohl alle Rippen mit der Wirbelsäule artikulieren, haben nur die ersten sieben Rippen über ihren Rippenknorpel direkten Kontakt zum Brustbein. Man bezeichnet sie daher als **echte Rippen (Costae verae)**. Die übrigen fünf Rippenpaare werden als **falsche Rippen (Costae spuriae)** bezeichnet:

- Die Rippenknorpel der 8. bis 10. Rippe stehen mit dem Rippenknorpel der darüberliegenden Rippen in Verbindung und bilden den knorpeligen Rippenbogen.
- Die 11. und 12. Rippe haben vorn keinen Kontakt zum knorpeligen Rippenbogen oder zum Sternum. Sie enden frei in der Bauchwand und werden als **freie Rippen (Costae fluctuantes)** bezeichnet.

Eine typische Rippe besteht aus einem gekrümmten Schaft mit einem vorderen und einem hinteren Ende (Abb. 3.21). Das anteriore Ende geht kontinuierlich in den Rippenknorpel über. Das posteriore Ende artikuliert mit der Wirbelsäule und besteht aus einem Kopf (Caput costae), einem Hals (Collum costae) und einem Höcker (Tuberculum costae).

Das **Caput costae** ist etwas verbreitert und besitzt typischerweise zwei durch eine Leiste **(Crista capitis costae)** getrennte Gelenkflächen. Die kleinere obere Gelenkfläche artikuliert mit der Fovea costalis inferior des darüberliegenden Wirbelkörpers, die größere untere Gelenkfläche mit der Fovea costalis superior des darunterliegenden zugehörigen (eigenen) Wirbelkörpers.

Das **Collum costae** ist kurz und trennt das Rippenköpfchen vom Tuberculum.

Das **Tuberculum costae** ist nach dorsal gerichtet und besteht aus zwei Bereichen, einem artikulierenden Anteil und einem nicht an der Gelenkbildung beteiligten Anteil:

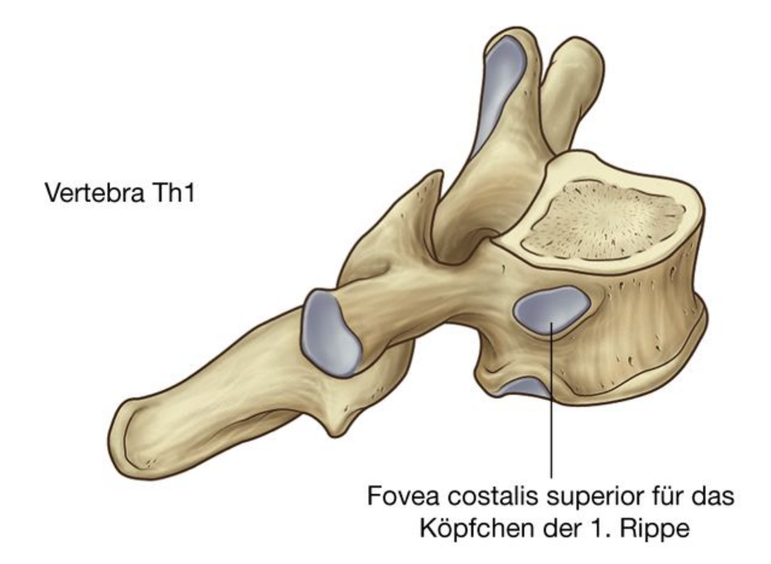
- Der artikulierende Anteil liegt medial und trägt eine ovale Gelenkfacette zur Artikulation mit der korrespondierenden Fovea costalis processus transversi des zugehörigen Wirbelkörpers.
- Der erhabene, nicht an der Gelenkbildung beteiligte Anteil kommt durch den Ansatz kräftiger Bänder zustande.

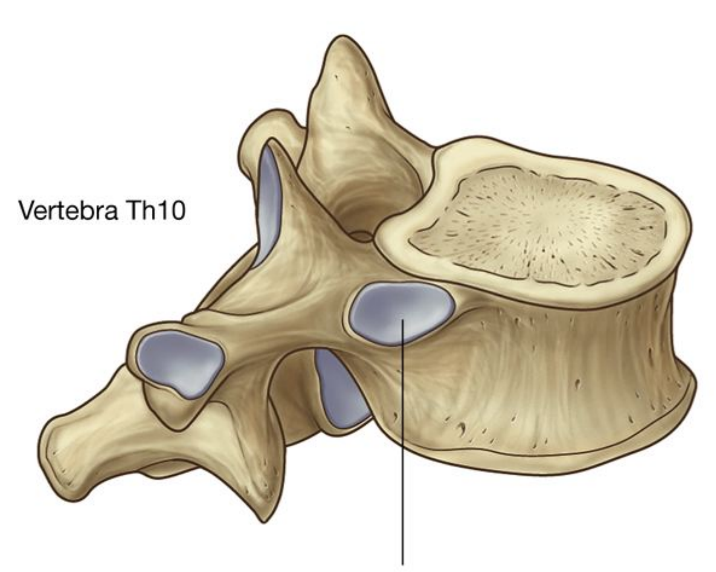
Der Rippenschaft **(Corpus costae)** ist normalerweise dünn und flach und weist eine innere und eine äußere Oberfläche auf.

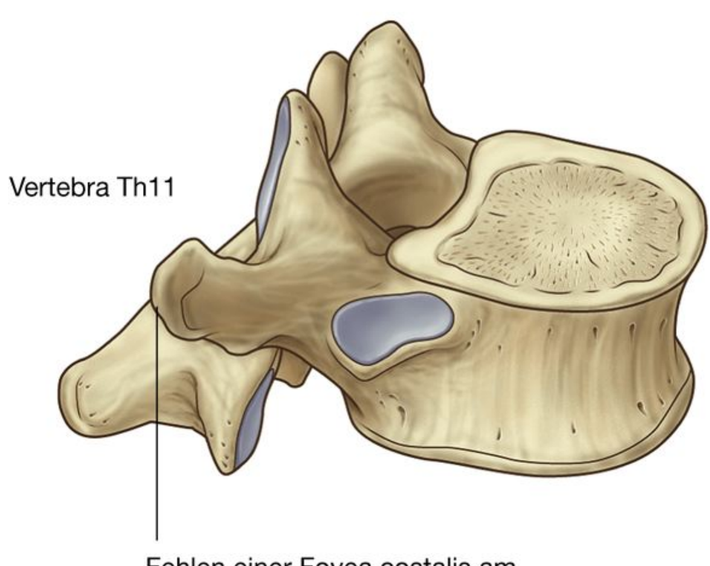
Der Oberrand ist glatt und rund, der Unterrand ist spitz und scharf. Kurz hinter dem Tuberculum costae biegt der Schaft im **Angulus costae** nach vorn um. Im Verlauf kommt es zu einer leichten Verdrehung um die longitudinale Achse, sodass die innere Oberfläche des anterioren Schaftanteils etwas oberhalb vom gegenüberliegenden hinteren Anteil zu liegen kommt. Der Unterrand der inneren Oberfläche ist durch eine Vertiefung, den **Sulcus costae**, gekennzeichnet.

122

Abb. 3.19

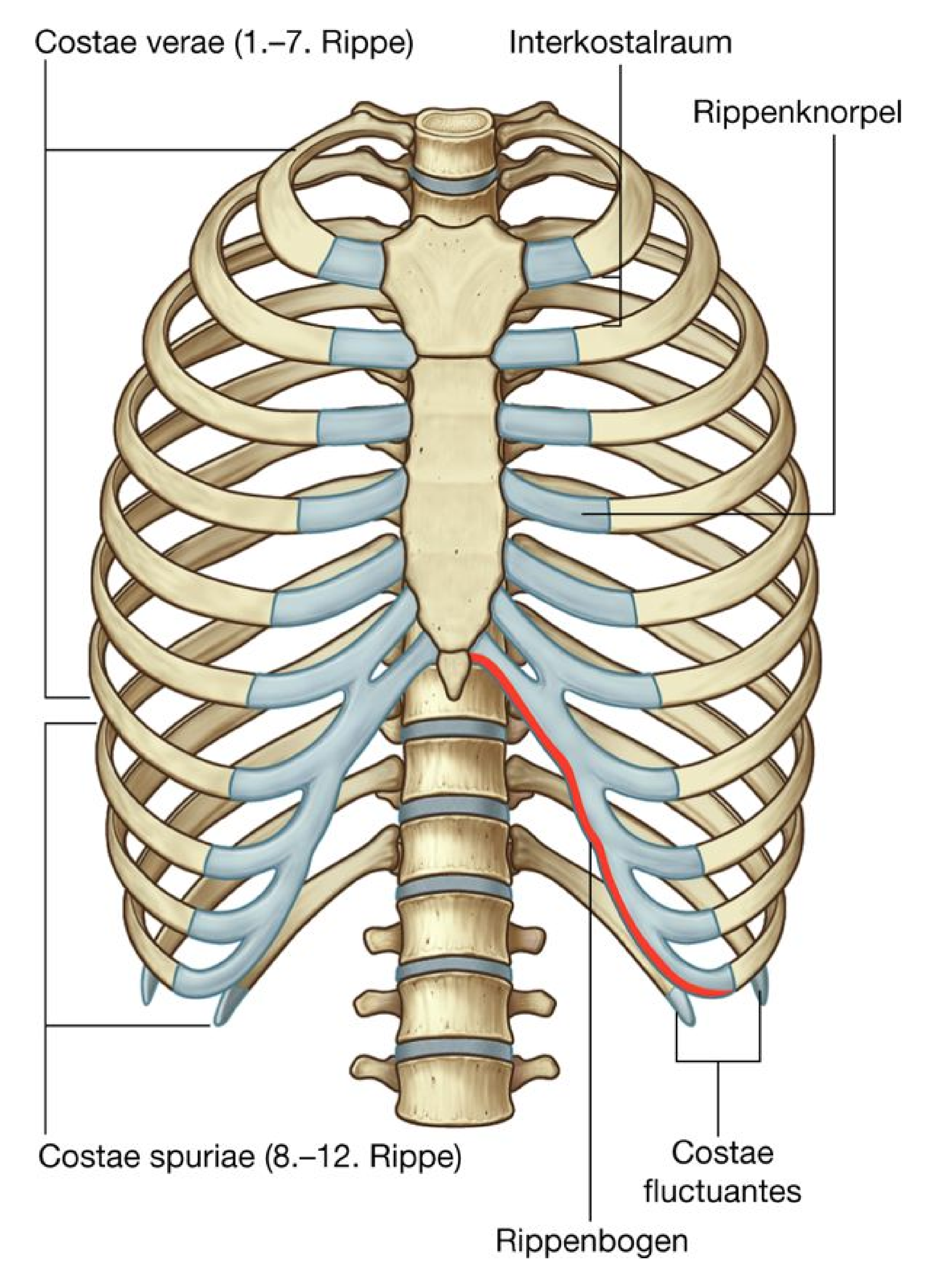

Vertebra Th1
Fovea costalis superior für das Köpfchen der 1. Rippe


Vertebra Th10
Komplette kostale Einzelfacette für das Köpfchen der 10. Rippe


Vertebra Th11
Fehlen einer Fovea costalis am Processus transversus

Besonderheiten der Brustwirbelkörper.

Abb. 3.20



Rippen.

Besonderheiten der oberen und unteren Rippen

Die oberen und unteren Rippen weisen bestimmte Besonderheiten auf (Abb. 3.22).

Costa I

Die 1. Rippe ist in der Horizontalebene flach ausgerichtet und hat dadurch eine breite Ober- und Unterfläche. Sie verläuft von ihrem Ursprung am ersten Brustwirbelkörper in absteigender Richtung zu ihrem Ansatz am Manubrium sterni. Ihr Rippenköpfchen artikuliert nur mit dem Brustwirbelkörper Th1 und besitzt dadurch nur eine einzelne Gelenkfläche. Wie die anderen Rippen besitzt das Tuberculum eine Gelenkfacette zur Artikulation mit dem Processus transversus des ersten Brustwirbelkörpers. An der Oberfläche erhebt sich das kleine **Tuberculum musculi scaleni anterioris**, das zwei Vertiefungen (Sulci) voneinander trennt, die etwa in der Mitte des Schaftes liegen. Die vordere Vertiefung wird durch die Vena subclavia hervorgerufen (Sulcus venae subclaviae), die hintere Vertiefung kommt durch die Arteria subclavia zustande (Sulcus arteriae subclaviae). Vor und hinter den Vertiefungen ist der Schaft durch den Ansatz von Muskeln und Bändern aufgeraut.

123
124

Abb. 3.21

Typische Rippe. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von hinten auf das proximale Ende der Rippe.

Costa II

Die 2. Rippe ist genau wie die 1. Rippe sehr flach, aber doppelt so lang. Sie artikuliert wie die meisten anderen Rippen in typischer Weise mit der Wirbelsäule.

Costa X

Das Köpfchen der 10. Rippe besitzt nur eine einzelne Gelenkfacette zur Artikulation mit Ihrem zugehörigen (eigenen) Wirbelkörper (Th10).

Costae XI und XII

Die 11. und die 12. Rippe artikulieren nur mit den Wirbelkörpern ihrer eigenen Wirbel (Th11 bzw. Th12). Sie besitzen kein Tuberculum und auch kein Collum costae. Beide Rippen sind kurz, nur schwach gebogen und enden nach vorn frei mit einer kurzen Spitze aus Rippenknorpel.

Brustbein (Sternum)

Das **Sternum** des Erwachsenen besteht aus drei Anteilen: dem breiten oberen Griff (Manubrium), dem etwas schmaleren longitudinal ausgerichteten Schwertkörper (Corpus) und dem schmalen unteren Fortsatz (Processus xiphoideus; Abb. 3.23).

Abb. 3.22

Costa I

Caput
Collum
Tuberculum
Tuberculum musculi scaleni anterioris (Lisfranc'scher Höcker)
Sulci
Rippenknorpel

Costa XII



Untypische Rippen.

Manubrium sterni

Das **Manubrium sterni** ist Teil des knöchernen Skelettsystems für den Hals und für den Thorax.

Die Oberfläche des Manubriums dehnt sich nach lateral aus und besitzt eine in der Mittellinie gelegene deutlich tastbare Vertiefung, die **Incisura jugularis**. Beiderseits der Incisura jugularis sitzt am Manubrium eine ovale Grube zur Artikulation mit der Clavicula. Unmittelbar darunter schließt sich beidseitig eine Gelenkfacette zur Artikulation mit der 1. Rippe an. Am unteren Ende des Manubrium liegt beidseitig eine Halbfacette zur Artikulation mit dem oberen Anteil des zweiten Rippenknorpels. Am unteren Ende hat das Manubrium sterni über die Symphysis manubriosternalis (Knorpelfuge, die im Alter oftmals verknöchert) Kontakt zum Corpus sterni.

Corpus sterni

Der Brustbeinkörper **(Corpus sterni)** ist flach.

Seine Oberfläche ist häufig durch transversal verlaufende Erhebungen gekennzeichnet, die auf die im Rahmen der Entwicklung stattgefundene Fusion aus segmental angeordneten Skelettelementen (Sternebrae) zurückzuführen sind.

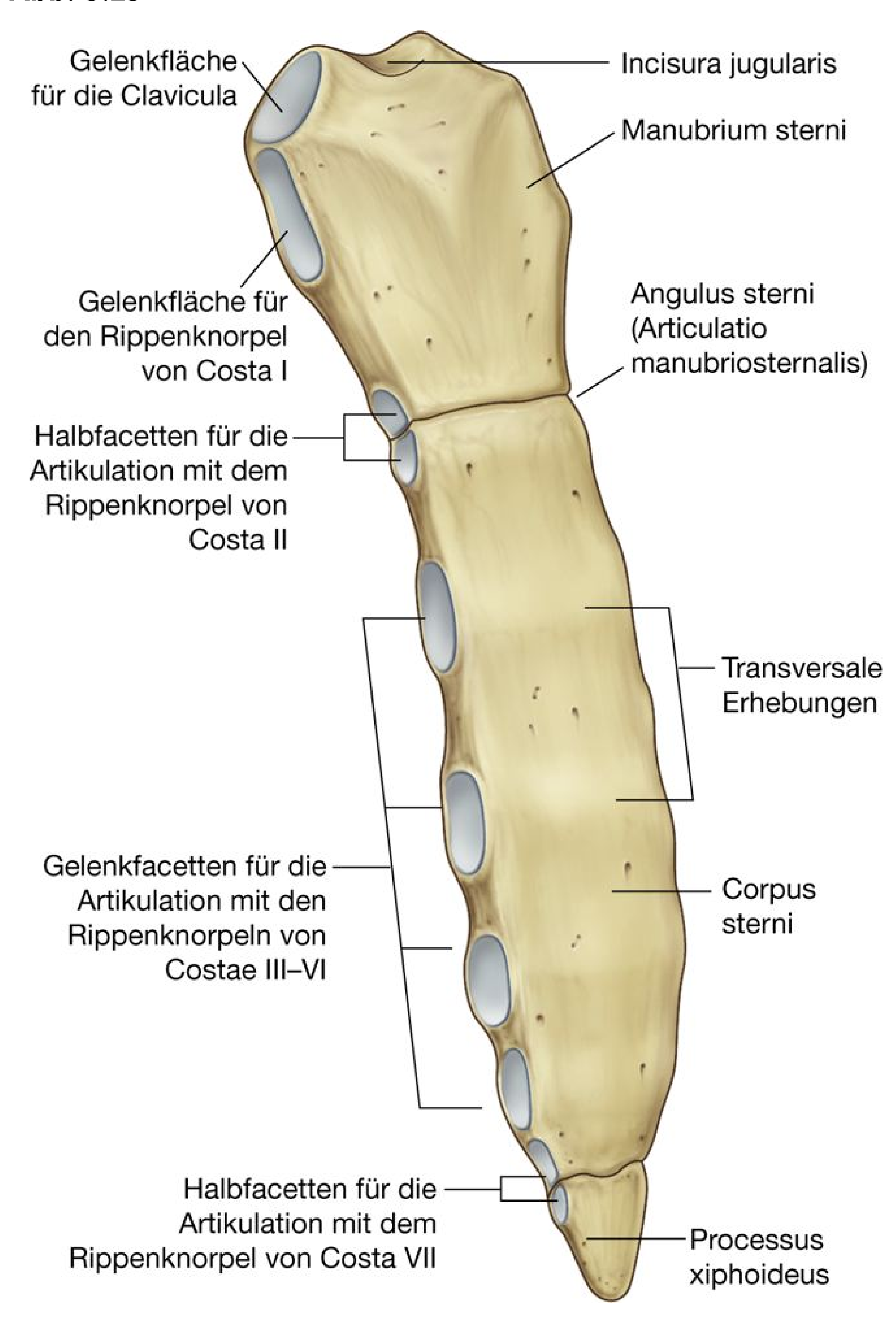
124
125

Die Seitenflächen des Corpus sterni tragen die Gelenkfacetten zur Artikulation mit den Rippenknorpeln. Kranial trägt jede Seite des Corpus sterni eine Halbfacette zur Artikulation mit dem unteren Anteil des zweiten Rippenknorpels. Unterhalb der Halbfacette folgen beiderseits vier Facetten für die Artikulation mit dem Rippenknorpel der 3. bis 6. Rippe. Die Gelenkfläche für den Rippenknorpel der 7. Rippe besteht am unteren Rand wieder nur aus einer Halbfacette für den oberen Anteil des Rippenknorpels. Das kaudale Ende des Corpus sterni steht über die Symphysis xiphosternalis (Knorpelfuge, die im Alter allmählich verknöchert) mit dem Processus xiphoideus in Kontakt.

Processus xiphoideus

Der Processus xiphoideus ist der schmalste Anteil des Sternums. Seine Form ist variabel: Er kann breit, dünn, ausgezogen, gespalten und gebogen sein, oder er kann in seiner Mitte eine Perforation aufweisen. Er wird zunächst knorpelig angelegt und verknöchert mit zunehmendem Alter beim Erwachsenen. An der lateralen oberen Seite findet man beiderseits eine Halbfacette für die Artikulation mit dem unteren Anteil des siebten Rippenknorpels.

Abb. 3.23



Sternum.

Gelenke

Articulationes costovertebrales

Die typische Rippe artikuliert mit

- dem Körper des benachbarten Wirbels und geht mit dem Köpfchen der Rippe eine gelenkige Verbindung ein **(Articulatio capitis costae);**
- dem Processus transversus des zugehörigen Wirbels und bildet die **Articulatio costotransversaria** (Abb. 3.24).

Die Kostovertebralgelenke mit dem dazugehörigen Bandapparat ermöglichen den Rippen eine Drehung entlang ihrer longitudinalen Achse (betrifft hauptsächlich die oberen Rippen) sowie eine Hebung und Senkung relativ zur Wirbelsäule (überwiegend die unteren Rippen). Die kombinierte Bewegung aller Rippen gegenüber der Wirbelsäule ist für die Volumenänderungen innerhalb des Thorax bei der Atmung von essenzieller Bedeutung.

Articulatio capitis costae

Die beiden Gelenkfacetten am Rippenköpfchen artikulieren mit der Fovea articularis inferior am zugehörigen (eigenen) Wirbelkörper sowie mit der Fovea articularis superior des darüberliegenden Wirbels. Die **Articulatio capitis costae** wird durch das **Ligamentum capitis costae intraarticulare**, das von der Zwischenwirbelscheibe entspringt und zur Crista capitis costae zieht, in zwei eigenständige, von Synovialmembran ausgekleidete Gelenkhöhlen unterteilt. Beide Gelenkhöhlen und das intraartikuläre Band werden allerdings von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umgeben, die außen zirkulär um das Köpfchen der Rippe verläuft und am oberen und unteren Wirbelkörper sowie an der beteiligten Zwischenwirbelscheibe fixiert ist. Die Gelenkkapsel wird von einem zirkulär außen um die Gelenkkapsel angeordneten Band verstärkt, dem **Ligamentum capitis costae radiatum**.

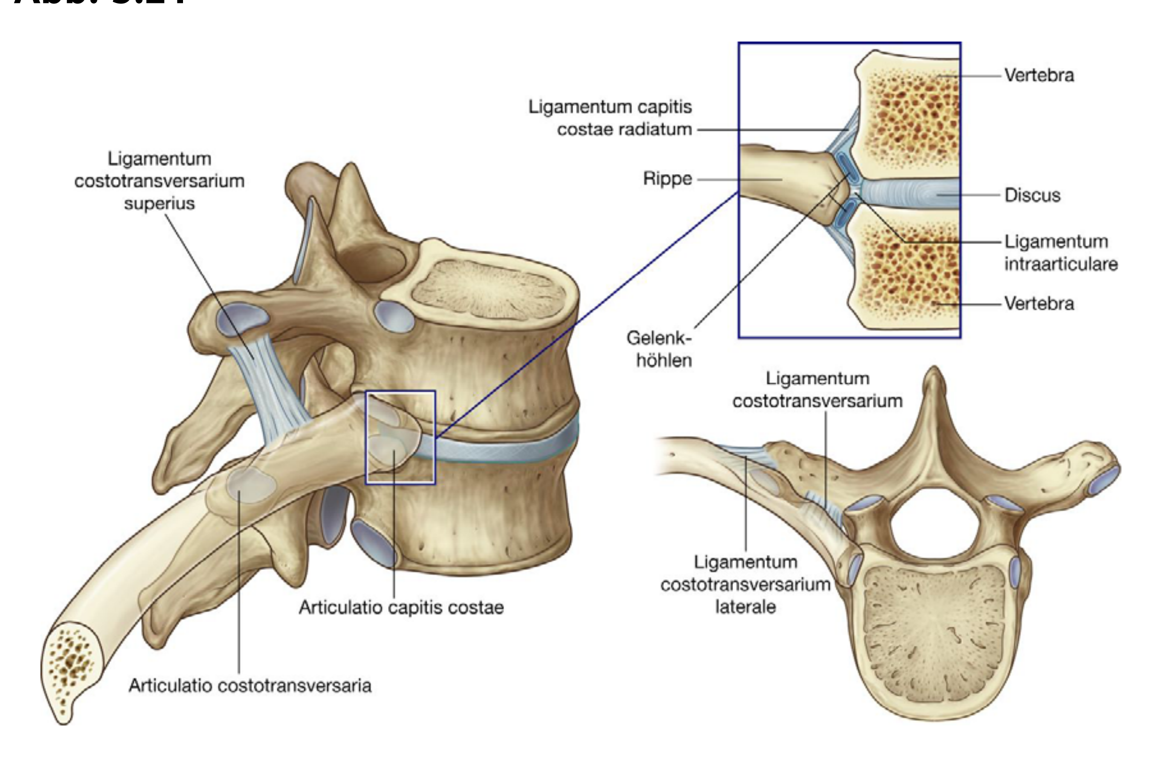
Articulatio costotransversaria

Die Articulatio costotransversaria ist ein echtes Gelenk zwischen dem Tuberculum costae und dem Processus transversus des benachbarten Wirbels (Abb. 3.24). Die umgebende Gelenkkapsel ist dünn. Das Gelenk wird durch zwei extrakapsuläre Bänder stabilisiert, die sich im Spaltraum zischen dem Processus transversus und der Rippe auf der medialen und lateralen Seite des Gelenks ausspannen.

- Das **Ligamentum costotransversale** liegt medial vom Gelenk und verbindet das Collum costae mit dem Processus transversus.
- Das **Ligamentum costotransversale laterale** liegt lateral vom Gelenk und befestigt die Spitze des Processus transversus an dem nicht mit der Gelenkfläche in Verbindung stehenden Teil des Tuberculum costae.

125
126

Abb. 3.24



Articulationes costovertebrales.

Ein drittes Band, das **Ligamentum costotransversale superius**, spannt sich zwischen dem oberen Anteil des Collum costae und der Unterfläche des Processus transversus des darüberliegenden Wirbels aus. Innerhalb der Articulatio costotransversaria sind leichte Gleitbewegungen möglich.

Articulationes sternocostales

Die Sternokostalgelenke sind zum Teil Synchondrosen, überwiegend aber echte Synovialgelenke zwischen den oberen sieben Rippenknorpeln und dem Sternum (Abb. 3.25).

Das Gelenk zwischen der 1. Rippe und dem Manubrium sterni ist eine aus hyalinem Knorpel bestehende Synchondrose. Die zweiten bis siebten Gelenke sind Synovialgelenke mit dünnen Gelenkkapseln, die von kräftigen Ligamenta sternocostalia radiata verstärkt werden.

Die Gelenkhöhle des Sternokostalgelenks der 2. Rippe wird durch ein Ligamentum sternocostale intraarticulare in zwei Kammern getrennt. Das Band entspringt vom zweiten Rippenknorpel und strahlt in die Knorpelfuge (beim Erwachsenen meist verknöchert) zwischen Manubrium und Corpus sterni ein.

Articulationes interchondrales

Zwischen den Rippenknorpeln, die den Rippenbogen bilden (hauptsächlich Costae VII bis X, gelegentlich auch Costae V und VI) kommen Gelenke vor (Abb. 3.25).

Die Verbindungen zwischen den Rippenknorpeln führen zu einer indirekten Befestigung am Sternum und tragen zur Bildung eines glatten unteren Rippenbogens bei. Bei den Gelenken handelt es sich normalerweise um Synovialgelenke mit einer dünnen Gelenkkapsel, die durch Bänder verstärkt werden.

Symphyses manubriosternalis und xiphosternalis

Die Gelenke zwischen dem Manubrium und dem Corpus sterni sowie dem Corpus sterni und dem Processus xiphoideus sind normalerweise Symphysen (Abb. 3.25). Während der Atmung sind lediglich dezente Kippbewegungen zwischen dem Manubrium und dem Corpus sterni möglich. Die Symphysis xiphosternalis verknöchert meist im Laufe des Lebens.

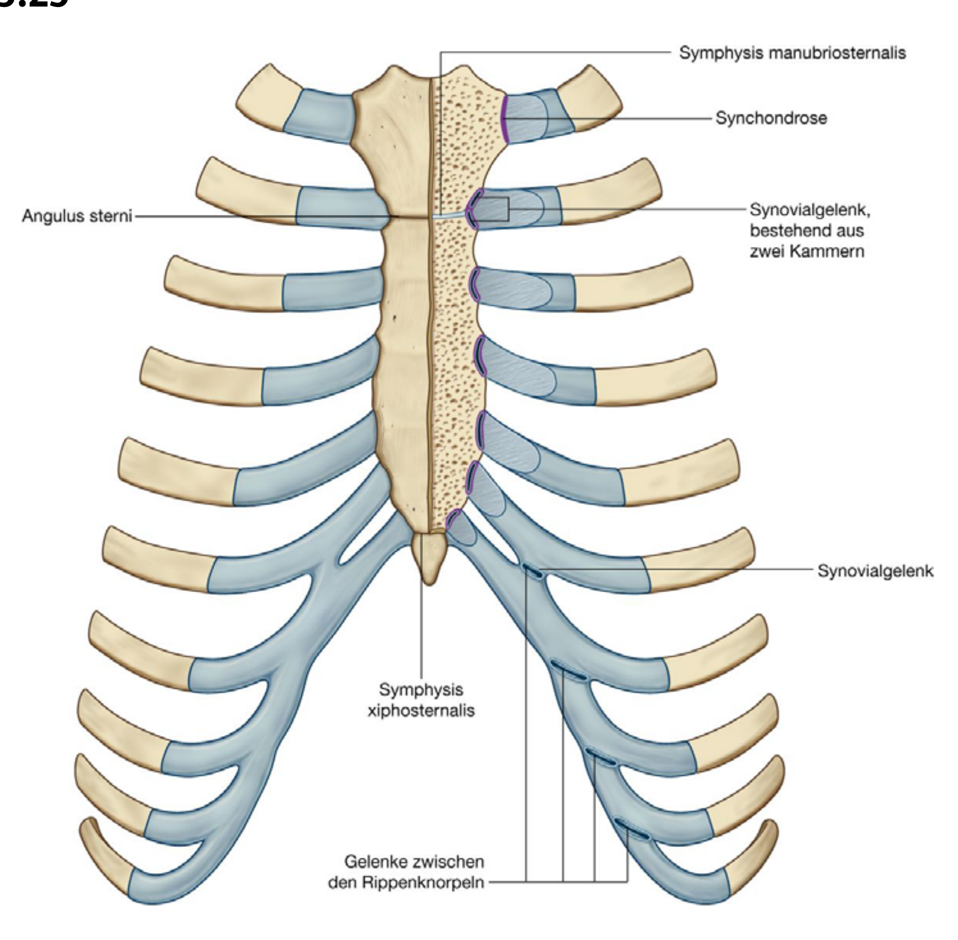
Aus klinischer Sicht ist die Symphysis manubriosternalis aufgrund ihrer guten Tastbarkeit von Bedeutung. Das liegt daran, dass das Manubrium gegen das Corpus meist etwas abgenickt ist. Der Knick ist bei longitudinalem Streichen über das Sternum gut tastbar. Seitlich ist das Sternum hier mit der 2. Rippe verbunden. Die 1. Rippe ist aufgrund ihrer Lage unter der Clavicula und ihrer Einbettung in das Gewebe im Bereich des unteren Halses nicht palpabel. Daher wird die 2. Rippe, die seitlich vom Angulus sterni abgeht, gern als Ausgangspunkt für die Zählung der Rippen genutzt.

126



127

Abb. 3.25



Articulationes sternocostales.

Wie bereits erwähnt liegt der Angulus sterni in einer horizontalen Ebene mit dem Discus articularis zwischen den Wirbelkörpern Th4 und Th5 (Abb. 3.10). Diese Ebene trennt das obere Mediastinum vom unteren Mediastinum und markiert die obere Grenze des Perikards. Die Ebene verläuft darüber hinaus durch das obere Ende der Pars ascendens aortae (Aorta ascendens), trifft den Beginn des Aortenbogens sowie das Ende des Aortenbogens, verläuft ferner durch den Beginn der Aorta thoracica und durch die Trachealbifurkation und liegt genau oberhalb des Truncus pulmonalis.

Klinik

Sternalpunktion

Die subkutane Lage des Sternums ermöglicht es, eine Nadel durch die Kompakta des Knochens in das zwischen der Spongiosa liegende Knochenmark zu stechen. Sobald die Nadel positioniert ist, kann Knochenmark über eine Spritze aspiriert werden. Die histologische und molekularbiologische Untersuchung des aspirierten Knochenmarks hilft dem Arzt, bestimmte Bluterkrankungen wie z. B. eine Leukämie zu diagnostizieren.

127
128

Klinik

Halsrippe

Halsrippen kommen bei etwa 1 % der Bevölkerung vor.

Eine Halsrippe ist eine akzessorische (zusätzliche) Rippe, die mit dem Wirbelkörper C7 artikuliert; das vordere Ende der Halsrippe kann mit dem Sternum in Kontakt treten.

Im Röntgenbild sind Halsrippen als kleine „hornähnliche“ Strukturen sichtbar.

Von Klinikern wird oftmals nicht bedacht, dass sich zwischen der Spitze einer inkompletten Halsrippe und der 1. Rippe ein mehr oder weniger starkes bindegewebiges Band ausbilden kann, das im Röntgenbild nicht sichtbar ist. Bei Patienten mit einem solchen Band verlaufen die Strukturen, die normalerweise über die 1. Rippe ziehen (Abb. 3.7), über das Band zwischen Halsrippe und 1. Rippe.

Der Begriff **„Thoracic-Outlet-Syndrom“** beschreibt Symptome, die durch eine Kompression des Plexus brachialis an der Stelle zustande kommen, an der er über die 1. Rippe und den axillären Zugang zur oberen Extremität tritt. Der Ramus anterior des Spinalnervs Th1 tritt oberhalb der oberen Thoraxapertur aus, um zur Bildung des Plexus brachialis beizutragen. Das „Band“ einer Halsrippe kann eine Ursache für ein „Thoracic-Outlet-Syndrom“ sein, da es von unten zu einer Kompression der über das Band und die erste Halsrippe hinwegziehenden unteren Anteile des Plexus brachialis führen kann.

Klinik

Rippenfraktur

Eine einzelne Rippenfraktur ist, obwohl extrem schmerzhaft, meist ohne Konsequenz für den Betroffenen.

Nach schwereren Traumata können Rippen an zwei oder mehreren Stellen frakturiert sein (Rippenserienfraktur). Sind ausreichend viele Rippen gebrochen, kann ein „loses“ Segment in der Brustwand entstehen (Thoraxinstabilität). Wenn der Patient tief einatmet, bewegt sich das Segment aufgrund der Adhäsionskräfte zwischen den Pleurablättern in entgegengesetzter Richtung zum übrigen Thorax und verhindert so die volle Entfaltung der Lungen. Man spricht von einem sich paradox bewegenden Segment. Abhängig von der Größe des betroffenen Thoraxsegments kann eine assistierte Beatmung des Patienten notwendig sein, bis die Rippen wieder zusammengewachsen sind.

Interkostalräume

Die **Interkostalräume** liegen zwischen benachbarten Rippen und werden von der Interkostalmuskulatur überbrückt und verschlossen (Abb. 3.26).

Unter jeder Rippe verlaufen im **Sulcus costae** eine Interkostalvene, eine Interkostalarterie und ein Interkostalnerv (Ramus anterior des Spinalnervs). Sie liegen in einem Spalt zwischen den beiden Blättern der Interkostalmuskulatur.

Die Interkostalvene liegt der Rippe direkt an; anschließend folgt die Interkostalarterie. Der Interkostalnerv liegt am weitesten kaudal und ist meist nicht mehr durch den Sulcus costae geschützt. Kleine Verbindungsäste (Rami communicantes) der Interkostalnerven und Interkostalgefäße verbinden benachbarte Segmente miteinander; kleine Kollateraläste (Rami collaterales) der Gefäße und des Nervs verlaufen oberhalb der entsprechenden Rippe.

Unterhalb der Interkostalräume und der Rippen kleidet eine Schicht aus lockerem Bindegewebe, die **Fascia endothoracica**, die Thoraxwand von innen aus und bildet die Grenze zur darunterliegenden Pleura parietalis. Abhängig vom Ernährungszustand kann hier viel Fett eingelagert sein.

Die Interkostalräume werden größtenteils von Muskeln bedeckt, die der Bewegung der oberen Extremität dienen. Oberhalb der Muskelfaszien schließen sich nach außen subkutanes Fettgewebe und Haut an.

Muskeln

Zur Muskulatur der Thoraxwand zählt man die Muskeln, die die Interkostalräume ausfüllen und verschließen, diejenigen, die sich zwischen dem Sternum und den Rippen erstrecken, und solche, die im Bereich der Rippenursprünge zwei oder mehr Rippen überkreuzen (Tab. 3.2).

Zusammen mit Muskeln, die sich dorsal zwischen den

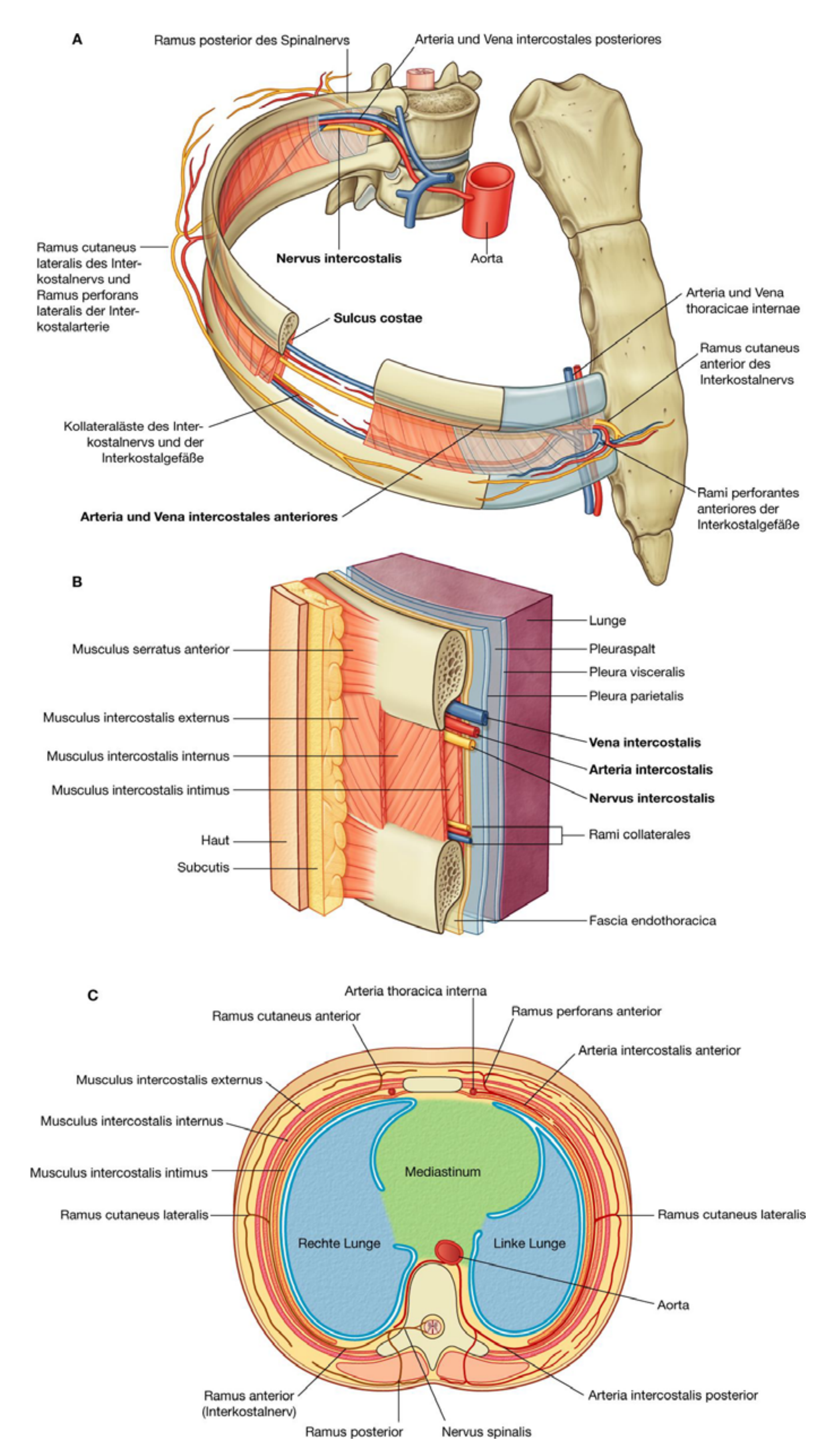
128

129

Wirbeln und den Rippen erstrecken **(Musculi levatores costarum, serratus posterior superior** und **serratus posterior inferior)**, verändern diese Muskeln die Stellung der Rippen

und des Brustbeins und tragen so zu einer Volumenänderung des Thorax im Rahmen der Atmung bei. Außerdem verstärken sie die Thoraxwand.

Abb. 3.26



Interkostalraum. **A**. Blick von vorn seitlich. **B**. Detaillierte Darstellung eines Interkostalraums und seiner topographischen Beziehungen. **C**. Horizontalschnitt.

130

Tab. 3.2 Muskeln der Brustwand

Muskel	Obere Anheftung	Untere Anheftung	Innervation	Funktion
Musculi intercostales externi	Unterrand der darüberliegenden Rippe	Oberfläche der darunterliegenden Rippe	Interkostalnerven Th1–Th11	Heben der Rippen (Inspiration); Abdichten der Interkostalräume
Musculi intercostales interni	Lateraler Rand des Sulcus costae der darüberliegenden Rippe	Oberfläche der darunterliegenden Rippe unter der Anheftung des zum Segment gehörenden Musculus intercostalis externus	Interkostalnerven Th1–Th11	Senken der Rippen (Exspiration); Abdichten der Interkostalräume; der vordere Anteil zwischen den Rippenknorpeln wirkt bei der Inspiration mit
Musculi intercostales intimi	Medialer Rand des Sulcus costae der darüberliegenden Rippe	Innerer Anteil der Oberfläche der darunter liegenden Rippe	Interkostalnerven Th1–Th11	Wirken mit den Musculi intercostales interni synergistisch (Exspiration) und werden oft zu diesen gezählt
Musculi subcostales	Innenfläche (nahe dem Angulus costae) der unteren Rippe	Innenfläche der zweiten oder dritten darunterliegenden Rippe	Zugehörige Interkostalnerven	Senken die Rippen (Exspiration)
Musculi transversi thoracis	Unterrand und Innenfläche der 2. bis 7. Rippe	Unterer Anteil der Unterseite des Corpus sterni, des Processus xiphoideus und der Rippenknorpel der Costae III–VII	Zugehörige Interkostalnerven	Senken den Rippenknorpel; schnüren den Brustkorb zusammen (Exspiration)

130
131

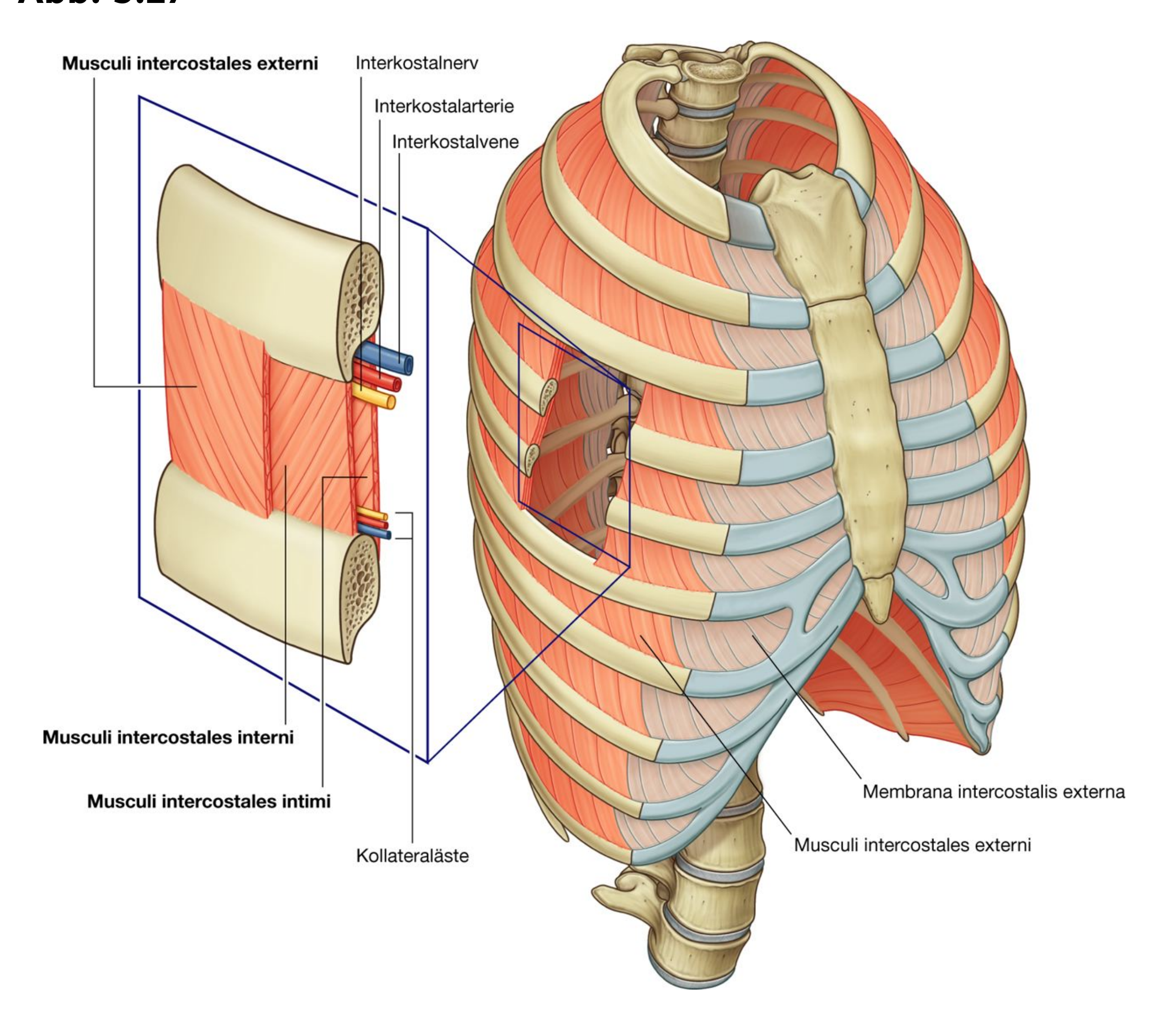
Interkostalmuskeln

Die **Interkostalmuskeln** sind drei flache Muskeln, die sich in allen Interkostalräumen jeweils zwischen zwei benachbarten Rippen erstrecken (Abb. 3.27). Die einzelnen Muskeln sind entsprechend ihrer Position benannt:

- Die Musculi intercostales externi sind die oberflächlichsten.
- Die Musculi intercostales interni liegen (wie in einem Sandwich) zwischen den Musculi intercostales externi und intimi.
- Die Musculi intercostales intimi werden häufig zu den Musculi intercostales interni gerechnet, da sie die gleiche Funktion besitzen.

Die Interkostalmuskeln werden von den entsprechenden zum jeweiligen Segment gehörenden Interkostalnerven innerviert.Als Gruppe stabilisieren die Muskeln die Interkostalräume während der Atmung. Sie sind in der Lage, die Rippen zu bewegen.

Abb. 3.27



Interkostalmuskeln.

Musculi intercostales externi

Die elf Paare **Musculi intercostales externi** entspringen vom unteren Rand der oberen Rippen und setzen an der Ober fläche der darunterliegenden Rippen an. Beim seitlichen Blick auf den Brustkorb verlaufen die Muskeln schräg von hinten oben nach vorn unten (Abb. 3.27). Die Muskeln erstrecken sich entlang der Thoraxwand von den Tubercula costae bis zu den Rippenknorpeln. Hier geht die Muskulatur in eine dünne bindegewebige Membran, die **Membrana intercostalis externa**, über. Die Musculi intercostales externi sind Inspiratoren.

131

Musculi intercostales interni

Die elf Paare **Musculi intercostales interni** verlaufen zwischen dem unteren lateralen Rand des Sulcus costae der oberen Rippe zur Oberfläche der darunterliegenden Rippe. Sie erstrecken sich von den Zwischenräumen der Rippenknorpel am Sternum bis hinten zum Angulus costae (Abb. 3.27). Sie gehen dorsal in die **Membrana intercostalis interna** über, die sich bis zur Wirbelsäule in den Interkostalräumen erstreckt. Die Muskeln verlaufen in genau entgegengesetzter Richtung zu den Musculi intercostales externi schräg von vorn oben nach hinten unten (beim seitlichen Blick auf den Thorax). Die Musculi intercostales interni sind bis auf die Anteile, die zwischen den Rippenknorpeln verlaufen, Exspiratoren. Die zwischen den Rippenknorpeln liegenden Anteile tragen zur Inspiration bei.

Musculi intercostales intimi

Die **Musculi intercostales intimi** sind die am schwächsten ausgeprägten Interkostalmuskeln und verlaufen zudem genauso wie die Musculi intercostales interni. Deshalb werden sie meist zu den Musculi intercostales interni gezählt (Abb. 3.27). Allerdings verläuft die Gefäß-Nerven-Straße aus Spinalnerv und Interkostalgefäßen genau zwischen Musculi intercostales interni und Musculi intercostales intimi.

Die Musculi intercostales intimi sind in der seitlichen Brustwand am stärksten ausgebildet. Sie sind an der Innen fläche benachbarter Rippen entlang dem medialen Rand des Sulcus costalis befestigt.

Musculi subcostales

Die **Musculi subcostales** sind genauso wie die Musculi intercostales intimi befestigt, verbinden aber meist mehrere Rippen untereinander und liegen in den unteren Abschnitten der hinteren Brustwand nahe der Wirbelsäule (Abb. 3.28A). Sie erstrecken sich von der Innenfläche der einen Rippe zur Innenfläche der nächsten oder übernächsten Rippe darunter. Ihre Fasern haben den gleichen Verlauf wie die Musculi intercostales interni und erstrecken sich vom Angulus costae zu einer mehr medial gelegenen Position der darunterliegenden Rippe. Sie sind Exspiratoren.

Musculi transversi thoracis

Die **Musculi transversi thoracis** liegen an der Innenseite der vorderen Brustwand (Abb. 3.28B) und in der gleichen Ebene wie die Musculi intercostales intimi.

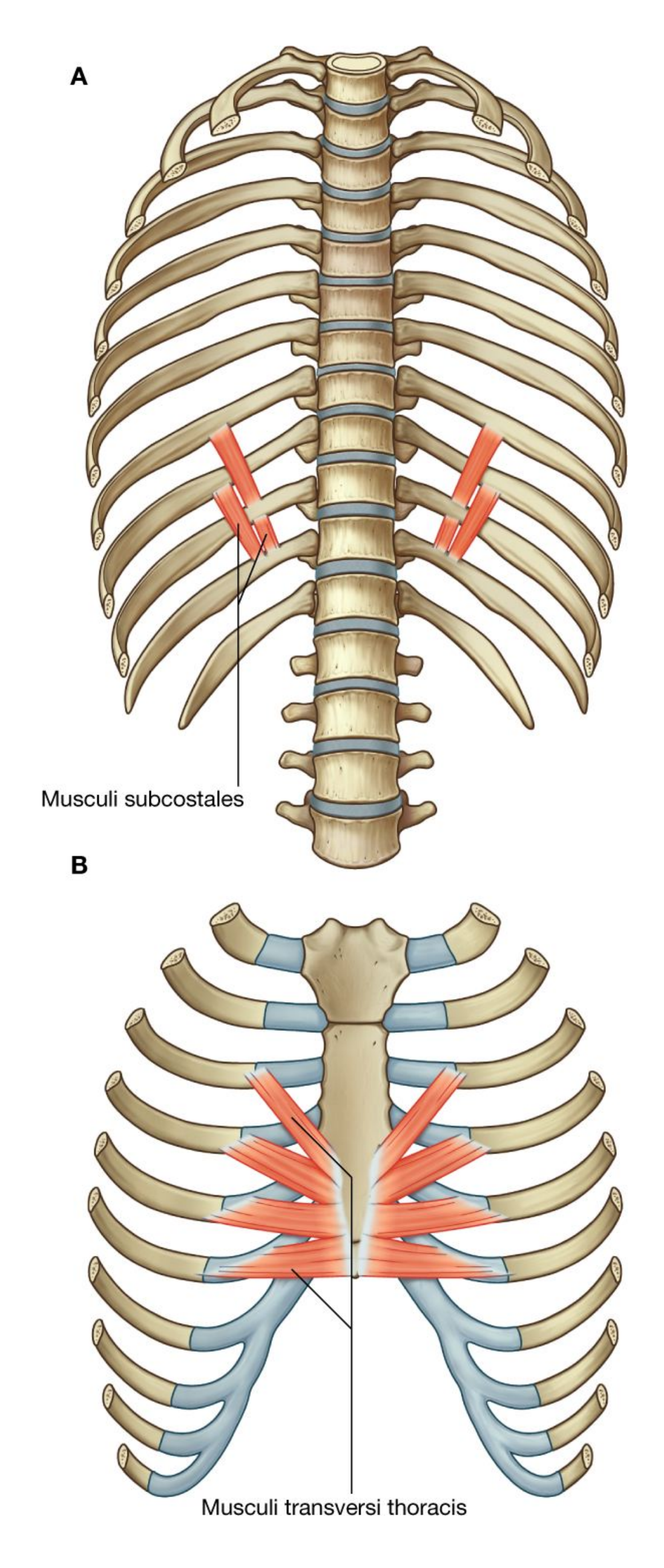
Die Musculi transversi thoracis entspringen von der hinteren Oberfläche des unteren Anteils des Corpus sterni und des Processus xiphoideus sowie von den benachbarten Rippenknorpeln der unteren Costae verae. Sie verlaufen zur Seite oder nach oben aufsteigend zur Innenfläche der Grenze zwischen Rippenknorpel und knöchernem Anteil der Costae III–VI. Die Muskeln ziehen die Rippen bei Kontraktion nach unten.

Die Musculi transversi thoracis liegen unterhalb der Vasa thoracica interna und schützen die Gefäße.

Arterielle Blutversorgung

Die Blutversorgung der Thoraxwand erfolgt hauptsächlich über Arteriae intercostales posteriores und anteriores, die zischen den Rippen in den Interkostalräumen verlaufen (Abb. 3.29). Die Arterien entspringen dorsal aus der Aorta und ventral aus der Arteria thoracica interna. Letztere entspringt wiederum aus der Arteria subclavia am Boden des Halses. Alle Interkostalarterien bilden zur Blutversorgung zusammen eine Art Korb um die Thoraxwand.

Abb. 3.28



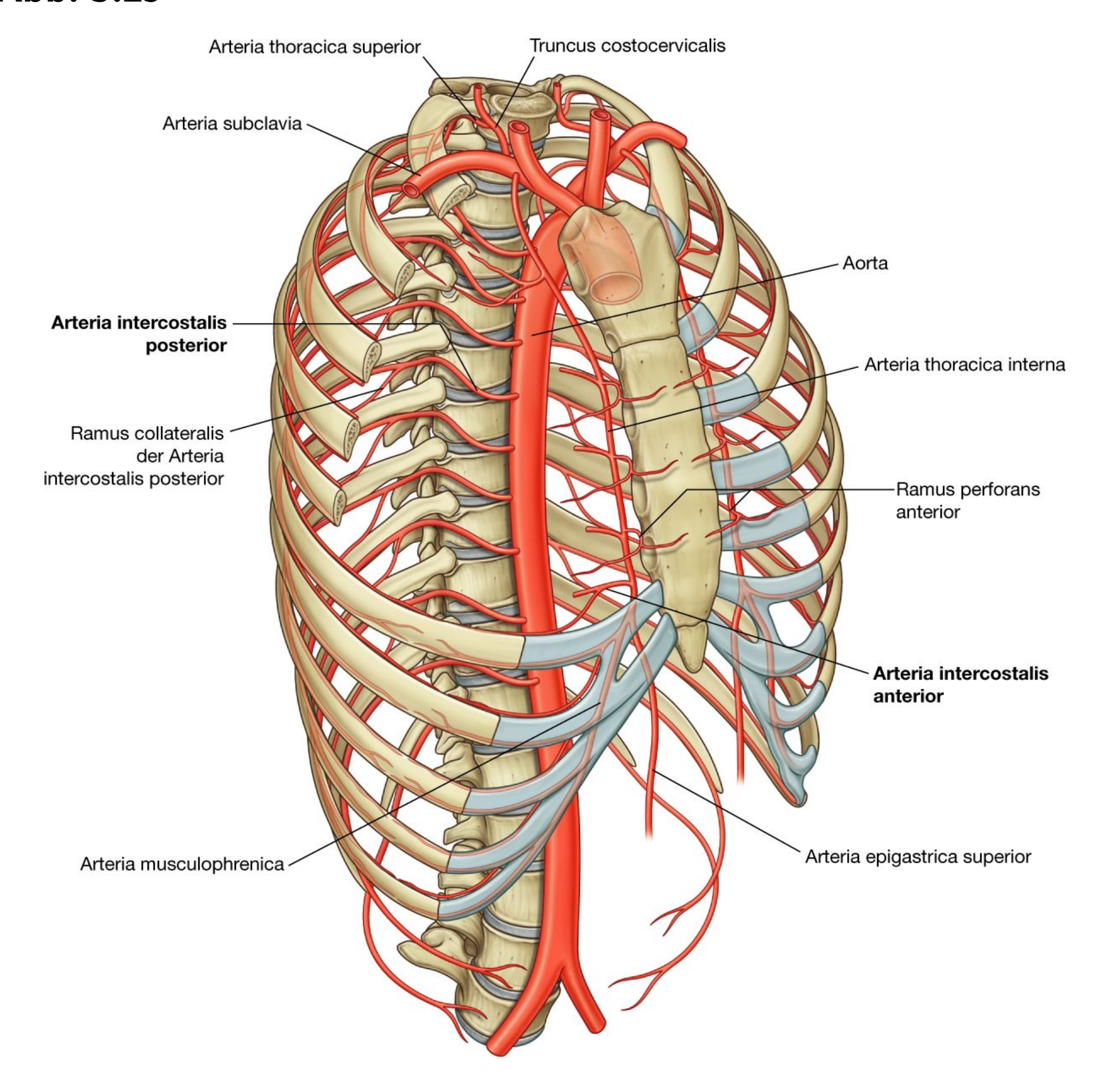
A. Musculi subcostales. **B**. Musculi transversi thoracis.

Arteriae intercostales posteriores

Die **Arteriae intercostales posteriores** entspringen aus Blutgefäßen der hinteren Thoraxwand. Die oberen zwei Interkostalarterien jeder Seite kommen aus der **Arteria thoracica superior**, die als kaudaler Ast aus dem Truncus costocervicalis des Halses entspringt. Der **Truncus costocervicalis** ist ein hinterer Ast der Arteria subclavia (Abb. 3.29).

Die übrigen neun Paare Arteriae intercostales posteriores entspringen aus der Rückseite der Aorta thoracica. Da die Aorta mehr auf der linken Seite der Wirbelsäule liegt, sind die rechten hinteren Interkostalarterien länger als die linken und müssen in der Mittellinie ventral über die Wirbelkörper ziehen, um auf die rechte Seite zu gelangen. Außer zahlreichen kleinen Gefäßästen zu den benachbarten Strukturen geben die Arteriae intercostales posteriores Äste ab, die die Rami cutanei laterales der Spinalnerven bis zur Hautoberfläche begleiten.

Abb. 3.29



Arterien der Brustwand.

Arteriae intercostales anteriores

Die **Arteriae intercostales anteriores** entspringen direkt oder indirekt als seitliche Äste aus den Arteriae thoracicae internae (Abb. 3.29).

133

134

Jede **Arteria thoracica interna** kommt als Hauptast aus der Arteria subclavia im Bereich des Halses. Sie zieht vorn über die Pleurakuppel und verläuft in absteigender Richtung durch die obere Thoraxapertur und entlang der Innenseite des Brustkorbs. Die Arterie liegt beiderseits dorsal den Rippenknorpeln der Costae I–VI etwa 1 cm lateral vom Sternum an. Etwa auf Höhe des sechsten Interkostalraums teilt sie sich in ihre beiden Endäste:

- Die **Arteria epigastrica superior**, die sich nach kaudal in die vordere Bauchwand fortsetzt (Abb. 3.29)
- Die **Arteria musculophrenica**, die unterhalb des Rippenbogens verläuft, durch das Zwerchfell tritt und nahe dem letzten Interkostalraum endet.

Die Interkostalarterien der oberen sechs Interkostalräume gehen direkt aus der Arteria thoracica interna hervor; die Interkostalarterien der darunterliegenden Interkostalräume sind Äste der Arteria musculophrenica.

In jedem Interkostalraum liegen normalerweise zwei Arteriae intercostales anteriores, die beide aus der Arteria thoracica interna oder der Arteria musculophrenica hervorgehen:

- Eine verläuft gemeinsam mit der entsprechenden Vene im Sulcus costae unterhalb der Rippe.
- Die andere liegt oberhalb des Randes der folgenden Rippe und steht über einen Ramus collateralis mit der Arteria intercostalis posterior in Kontakt.

Die Verteilung der anterioren und posterioren Interkostalgefäße überlappt; die Gefäße stehen durch Anastomosen untereinander in Kontakt. Die vorderen Interkostalarterien sind gewöhnlich etwas kleiner als die hinteren.

Außer den Arteriae intercostales anteriores und einer Anzahl anderer Äste geben die Arteriae thoracicae internae Rami perforantes anteriores ab, die gemeinsam mit den Rami cutanei anteriores der Interkostalnerven durch die Zwischenräume der Rippenknorpel treten und die vordere äußere Brustwand mit Blut versorgen.

Venöser Blutabfluss

Die Venen der Brustwand begleiten gewöhnlich die arteriellen Blutgefäße (Abb. 3.30).

Der venöse Abfluss erfolgt dorsal über das Azygos ystem und ventral über die **Venae thoracicae internae**, die ihr Blut in die **Venae brachiocephalicae** oder manchmal in die Venae subclaviae im Bereich des Halses abgeben.

Oft schließen sich die Venae intercostales posteriores der linken Seite zusammen und bilden eine **Vena intercostalis superior sinistra**, die in die linke Vena brachiocephalica einmündet.

Vergleichbar kann es auch auf der rechten Seite zu einem Zusammenschluss der Venae intercostales posteriores kommen, die ihrerseits die **Vena intercostalis superior dextra** bilden. Letztere drainiert ihr Blut in die **Vena azygos**.

Lymphabfluss

Die Lymphgefäße der Thoraxwand drainieren hauptsächlich in Lymphknoten entlang den Arteriae thoracicae internae **(Nodi lymphoidei parasternales)**, in Lymphknoten im Kopf-Hals-Bereich der Rippen **(Nodi lymphoidei intercostales)** und in Lymphknoten im Bereich des Zwerchfells **(Nodi lymphoidei diaphragmatis;**Abb. 3.31). Die Zwerchfelllymphknoten liegen hinter dem Processus xiphoideus, an den Durchtrittsstellen der Nervi phrenici und im Bereich des Zwerchfellansatzes an der Wirbelsäule.

Die Nodi lymphoidei parasternales drainieren in die **Trunci bronchomediastinales**, die in die entsprechenden Venen oder die Venae subclaviae einmünden. Die Nodi lymphoidei intercostales im oberen Teil des Brustkorbs drainieren ebenfalls in die Trunci bronchomediastinales. Im Gegensatz dazu leiten die Nodi lymphoidei intercostales im unteren Teil des Brustkorbs ihre Lymphe in den **Ductus thoracicus**. Die Lymphknoten im Bereich des Zwerchfells stehen über Lymphgefäße mit den Nodi lymphoidei parasternales, prevertebrales, juxtaoesophageales, **brachiochephalicae** (vor den Venae brachiocephalicae im oberen Mediastinum) und **aortici laterales** (im Abdomen) in Verbindung.

Die obere Gegend der Thoraxwand leitet ihre Lymphe hauptsächlich in **Nodi lymphoidei axillares** in der Achselhöhle oder in Nodi lymphoidei parasternales.

Innervation

Nervi intercostales

Die Innervation der Brustwand erfolgt hauptsächlich über die **Nervi intercostales**, die als vordere Äste (Rami anteriores) aus den Spinalnerven Th1–Th11 hervorgehen und in den Interkostalräumen am Unterrand der Rippen verlaufen. Der Ramus anterior des Spinalnervs Th12 liegt unterhalb der 12. Rippe und wird als **Nervus subcostalis** bezeichnet (Abb. 3.32).

Der typische Interkostalnerv verläuft seitlich entlang der Brustwand im Interkostalraum. Der größte Ast ist der **Ramus cutaneus lateralis**, der die laterale Brustwand durchbricht und sich in einen vorderen und einen hinteren Ast zur Innervation der Haut im Bereich der seitlichen Brustwand aufspaltet. Der Interkostalnerv endet als **Ramus cutaneus anterior**. Letzterer tritt parasternal seitlich der Mittellinie zwischen zwei benachbarten Rippenknorpeln durch die Brustwand und innerviert die Haut im Bereich der vorderen Brustwand.

Zusätzlich zu diesen Hauptästen gibt es kleine Rami collaterales, die vergleichbar den Blutgefäßen entlang dem Oberrand einer jeden Rippe verlaufen.

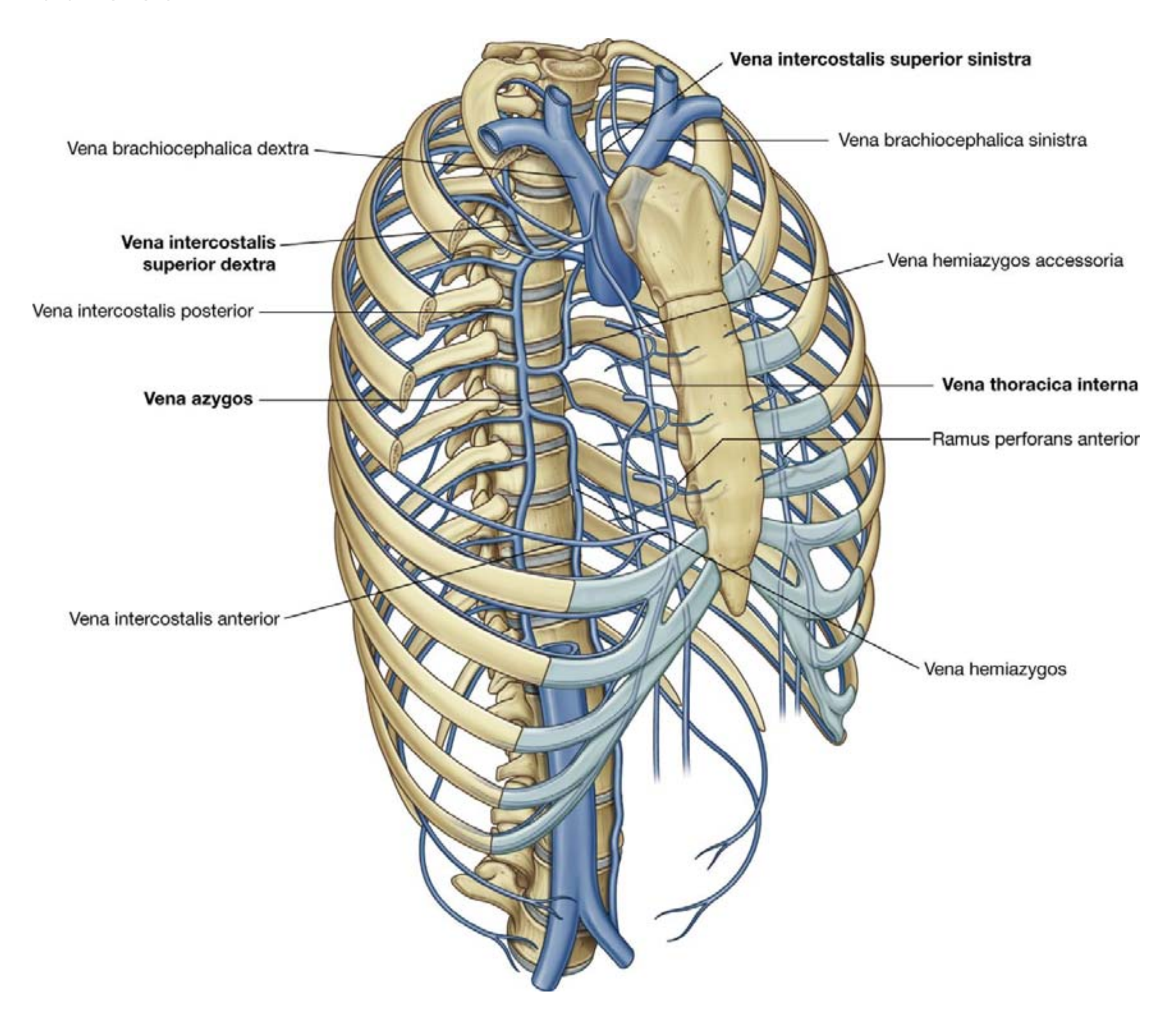
Im Thorax führen die Interkostalnerven

- somatomotorische Fasern zu den Muskeln der Brustwand (Musculi intercostales, subcostales und transversi thoracis),

134
135

- somatosensorische Fasern zur Haut und zur Pleura parietalis sowie
- postganglionäre sympathische Fasern zur Peripherie.

Abb. 3.30



Venen der Thoraxwand.

Im oberen Bereich der Thoraxwand erfolgt die sensorische Innervation der Haut zusätzlich durch Rami cutanei (Nervi supraclaviculares) aus dem Plexus cervicalis (Punctum nervosum; Erb-Punkt) des Halses.

Außer der Thoraxwand innervieren die Interkostalnerven auch andere Regionen:

- Der Ramus anterior von Th1 gibt Fasern zum Plexus brachialis ab.

- Der Ramus cutaneus lateralis des zweiten Interkostalnervs gibt Fasern zur Innervation der Haut im Bereich der Innenseite des Oberarms ab. Diese Fasern bilden den **Nervus intercostobrachialis**.
- Die unteren Interkostalnerven innervieren zusätzlich Muskeln, die Haut und das Peritoneum der Bauchwand.

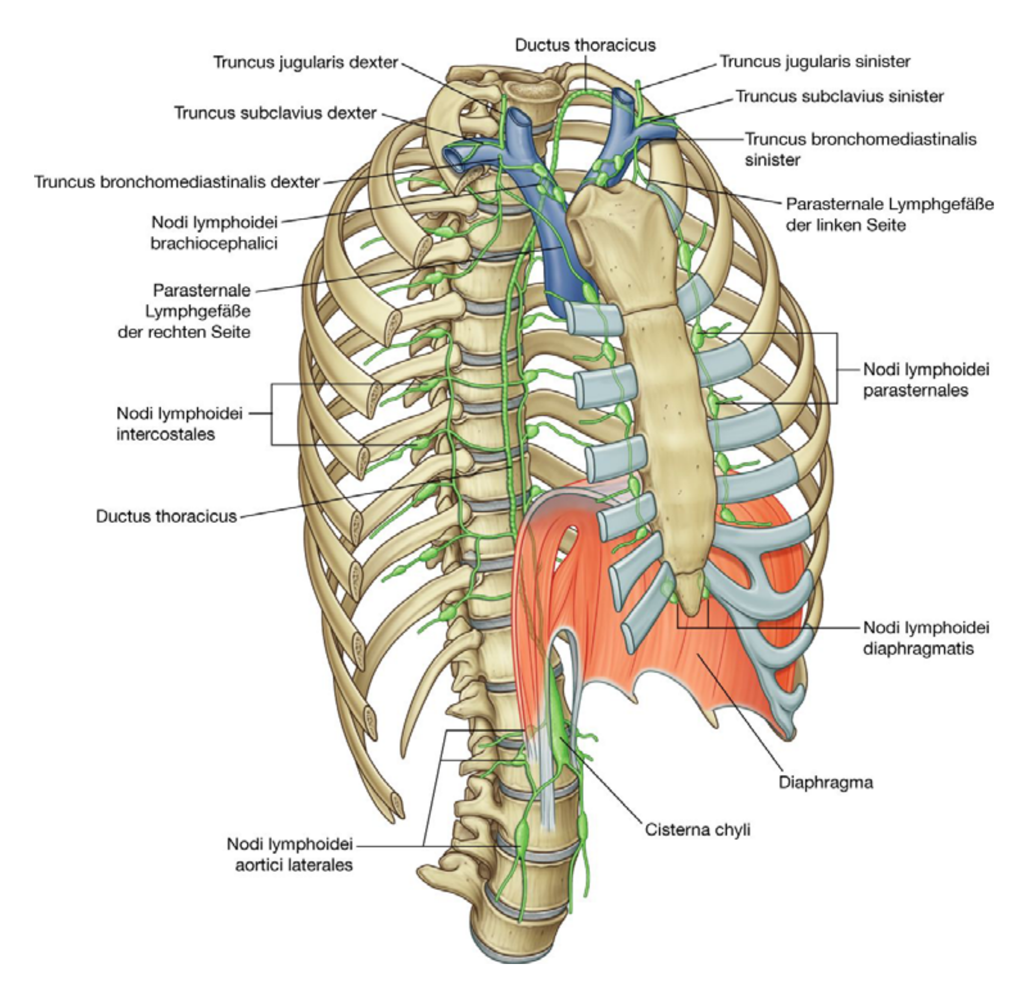
ZWERCHFELL (DIAPHRAGMA)

Das **Diaphragma** ist eine dünne Muskel-Sehnen-Platte, die die untere Thoraxapertur verschließt und die Brusthöhle von der Bauchhöhle trennt (Abb. 3.33, siehe auch Kapitel 4). Es ist seitlich befestigt

- am Processus xiphoideus des Sternums,
- am Rippenbogen der Thoraxwand,
- an Bändern im Bereich der hinteren Bauchwand und
- an Lendenwirbeln.

135
136

Abb. 3.31



Hauptlymphgefäße und Lymphknoten der Brustwand.

Ausgehend von diesen Anheftungsstellen strahlen die Muskelfasern des Zwerchfells in eine zentrale Sehnenplatte (Centrum tendineum) ein. Der Herzbeutel (Perikard) ist in der Mitte des Centrum tendineum fixiert. Die Muskulatur gliedert sich beiderseits in drei Abschnitte (Tab. 3.3):

- Eine Pars sternalis
- Eine Pars costalis
- Eine Pars lumbalis.

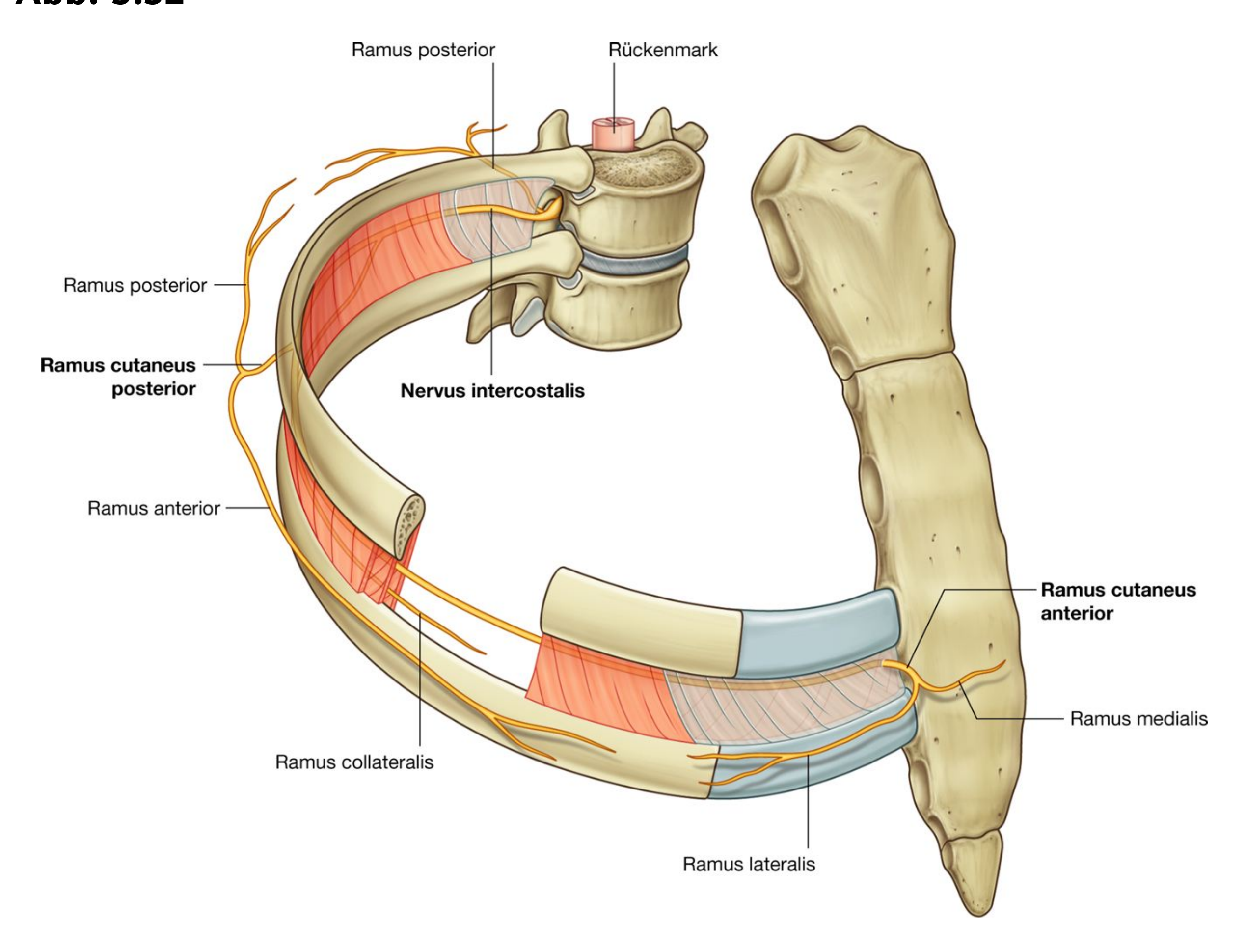
In einer sagittalen Ebene durch die Mittellinie neigt sich das Zwerchfell von seiner vorderen Befestigung am Processus xiphoideus etwa auf Höhe der Brustwirbel Th3/4 nach hinten unten zu seiner hinteren Befestigung über das Ligamentum arcuatum medianum, das den Hiatus aorticus über der Aorta etwa auf Höhe des Brustwirbels Th12 bildet.

Strukturen, die zwischen dem Thorax und dem Abdomen verlaufen, treten entweder durch das Zwerchfell hindurch oder liegen zwischen dem Zwerchfell und dessen peripheren Ursprüngen:

136

137

Abb. 3.32



Nervi intercostales.

Tab. 3.3 Diaphragma (Zwerchfell)

Anteile	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Pars sternalis diaphragmatis	Hinterfläche des Processus xiphoideus	Centrum tendineum	Nervus phrenicus	Drückt die Baucheingeweide nach kaudal, vermindert dadurch den Druck in der Brusthöhle (Inspiration) und erhöht den Druck in der Bauchhöhle (wirkt bei der Bauchpresse mit)
Pars costalis diaphragmatis	Innenfläche der Costae VII – XII			
Pars lumbalis diaphragmatis	Ligamentum arcuatum medianum: Sehnenbogen über dem Hiatus aorticus: Crus dextrum kommt von den Wirbelkörpern Th12 – L4, Crus sinistrum von den Wirbelkörpern Th12–L3; Ligamentum arcuatum mediale: Sehnenbogen über dem Musculus psoas („Psoasarkade“); Ligamentum arcuatum laterale: Sehnenbogen über dem Musculus quadratus lumborum („Quadratusarkade“)			

- Die Vena cava inferior tritt etwa auf Höhe des Wirbelkörpers Th8 durch das Centrum tendineum (Foramen venae cavae) auf der rechten Seite.
- Der Ösophagus tritt hinten durch den Hiatus oesophageus der Pars lumbalis diaphragmatis etwas links der Mittellinie etwa auf Höhe des Brustwirbels Th10.
- Die Nervi vagi treten gemeinsam mit dem Ösophagus durch das Zwerchfell.
- Die Aorta verläuft hinter dem Zwerchfell auf Höhe des Brustwirbels Th12 durch den vom Crus dextrum und Crus sinistrum diaphragmatis gebildeten Hiatus aorticus (Tab. 3.3).

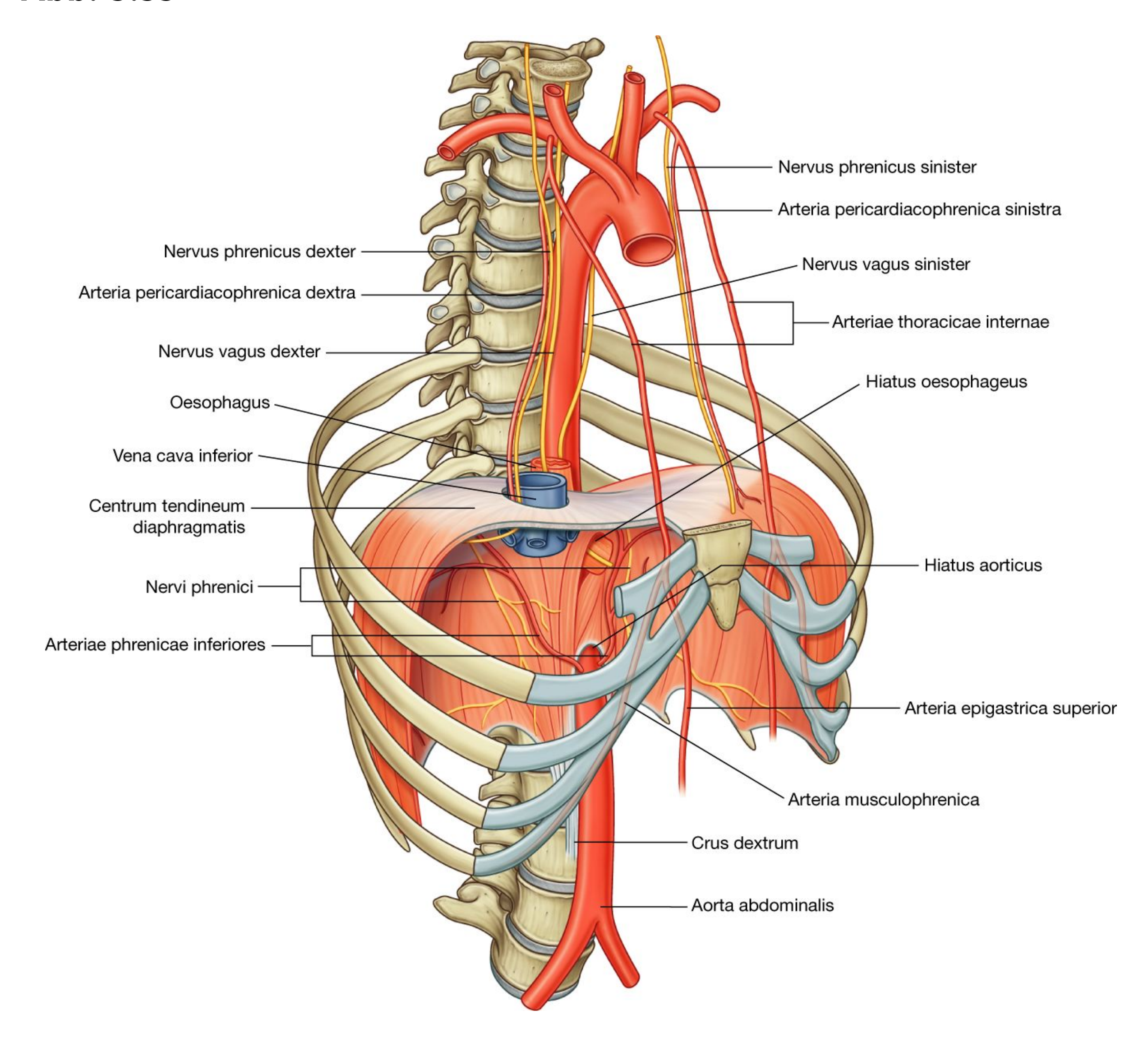
137

138

- Der Ductus thoracicus tritt hinter dem Zwerchfell mit der Aorta durch den Hiatus aorticus.

- Die Venae azygos und hemiazygos verlaufen hinter den Crura dextrum und sinistrum diaphragmatis.

Abb. 3.33



Diaphragma.

Weitere Strukturen, die außerhalb des hinteren Ansatzes des Zwerchfells seitlich vom Hiatus aorticus verlaufen, sind die Trunci sympathici. Die Nervi splanchnici majores und minores treten durch die Crura dextrum und sinistrum diaphragmatis.

Arterielle Blutversorgung

Die arterielle Blutversorgung erfolgt über Gefäße, die von oben und unten an das Zwerchfell herantreten. Von oben sind es die Arteriae pericardiacophrenicae und die Arteriae musculophrenicae. Dabei handelt es sich um Äste der Arteriae thoracicae internae. Ferner führen die **Arteriae phrenicae superiores**, die direkt aus den unteren Anteilen der Aorta thoracica hervorgehen, sowie kleinere Äste aus den Interkostalarterien Blut zum Zwerchfell. Die größten

arteriellen Gefäße, die sauerstoffreiches Blut zum Zwerchfell transportieren, kommen aber von unten. Hierbei handelt es sich um die **Arteriae phrenicae inferiores**, Äste, die direkt aus der Aorta abdominalis entspringen.

138
139

Venöser Blutabfluss

Der Blutabfluss erfolgt gewöhnlich über Venen, die parallel zu den Arterien verlaufen. Die Venen drainieren ihr Blut in

- die Venae brachiocephalicae des Halses,
- das Azygos-System,
- abdominale Venen (Vena suprarenalis sinistra und Vena cava inferior).

Innervation

Das Zwerchfell wird von den Nervi phrenici (C3 – C5) innerviert, die von oben durch das Zwerchfell treten und es von unten innervieren.

Eine Kontraktion des Zwerchfells führt zu einer Abflachung der beiden Zwerchfelldome und damit einer Senkung des Zwerchfells. Dadurch wird das Thoraxvolumen vergrößert. Die Zwerchfellbewegungen sind für eine normale Atmung essenziell.

BEWEGUNGEN DER BRUSTWAND UND DES ZWERCHFELLS BEI DER ATMUNG

Eine Hauptfunktion von Brustwand und Zwerchfell ist es, das Volumen des Thorax zu verändern und dadurch Luft in und wieder aus den Lungen zu transportieren.

Während der Atmung verändern sich die Dimensionen des Thorax in vertikaler, lateraler und anterior-posteriorer Richtung. Hebung und Senkung des Zwerchfells ändern signifikant die vertikale Ausdehnung des Thorax. Zur Senkung kommt es bei Kontraktion der muskulären Anteile des Zwerchfells; bei Entspannung der Muskulatur kehrt das Zwerchfell wieder in seine ursprüngliche Position zurück (Zwerchfellhebung).

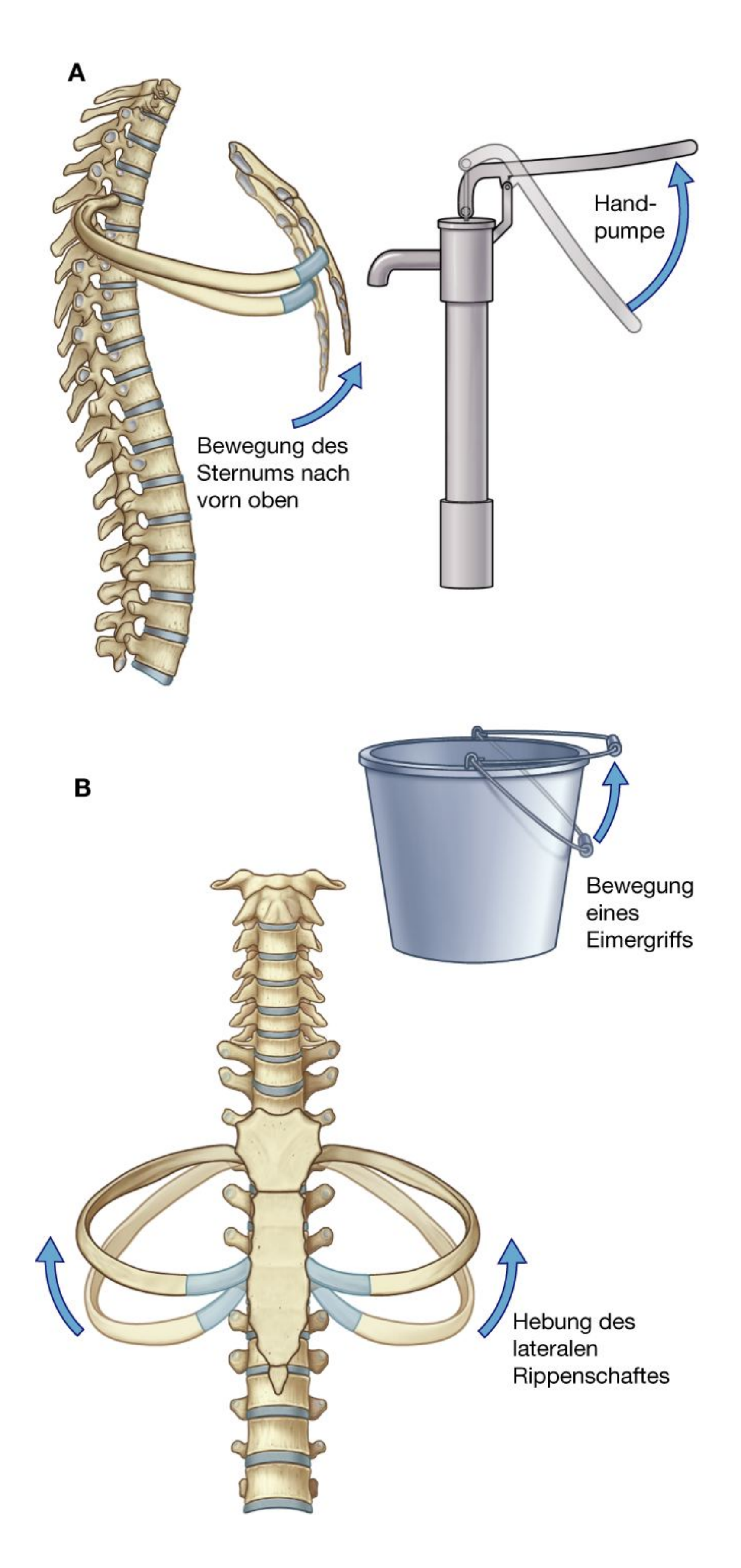
Änderungen in lateraler und anterior-posteriorer Richtung kommen durch die Hebung und Senkung der Rippen zustande (Abb. 3.34). Die hinteren Enden der Rippen artikulieren mit der Wirbelsäule, die vorderen Enden der meisten Rippen mit dem Sternum oder mit benachbarten Rippen.

Da die vorderen Enden der Rippen tiefer liegen als die hinteren, wird das Sternum bei Rippenhebung nach vorn oben bewegt. Dabei kann sich der Winkel zwischen dem Corpus sterni und dem Manubrium sterni etwas abflachen. Wenn sich die Rippen senken, bewegt sich das Sternum wieder nach dorsal kaudal. Diese mit einer „Handpumpe“ vergleichbare Bewegung ändert die Ausdehnung des Thorax in anterior-posteriorer Richtung (Abb. 3.34A).

Ebenso wie die vorderen Rippenenden, die tiefer liegen als die hinteren Enden, liegen die mittleren Anteile der Rippenschäfte noch tiefer als die beiden Rippenenden. Bei Hebung der Rippen bewegen sich die mittleren Schaftanteile nach lateral. Diese mit dem Heben eines „Eimergriffs“ vergleichbare Bewegung erweitert den Thorax nach lateral (Abb. 3.34B).

Jeder Muskel, der an einer Rippe ansetzt, kann potenziell eine Rippe relativ zu einer anderen Rippe bewegen und ist dadurch ein Atemhilfsmuskel. Muskeln im Hals und im Abdominalbereich können die oberen und unteren Rippen in ihrer Position entweder fixieren oder bewegen.

Abb. 3.34



Bewegungen der Brustwand bei der Atmung. **A**. Einer Handpumpe vergleichbare Bewegung der Rippen und des Sternums. **B**. Einem Eimergriff vergleichbare Bewegung der Rippen.

PLEURAHÖHLE (CAVITAS PLEURALIS)

Zwei **Pleurahöhlen (Cavitates pleurales)**, eine auf jeder Seite des Mediastinums, schließen die Lungen ein (Abb. 3.35):

- Im Halsbereich bilden sie die Pleurakuppel, die sich über das Niveau der 1. Rippe in den unteren Bereich des Halses vorwölbt.
- Unten liegen sie dem Zwerchfell an und reichen damit bis zum Unterrand des Brustkorbs.
- Die mediale Wand jeder Pleura liegt am Mediastinum.

Pleura

Jede Pleurahöhle wird von einer Schicht aus flachen Zellen, einem Mesothel, sowie aus einer sich nach außen anschließenden dünnen Schicht Bindegewebe (Lamina propria) ausgekleidet, die zusammen die Pleura bilden.

Aufgrund ihrer Lokalisation unterscheidet man zwei **Pleuratypen:**

- Die Pleura, die die Wand der Pleurahöhle auskleidet, ist die **Pleura parietalis**.
- Die Pleura, die die Oberfläche der Lunge überzieht, ist die **Pleura visceralis** (Abb. 3.35).

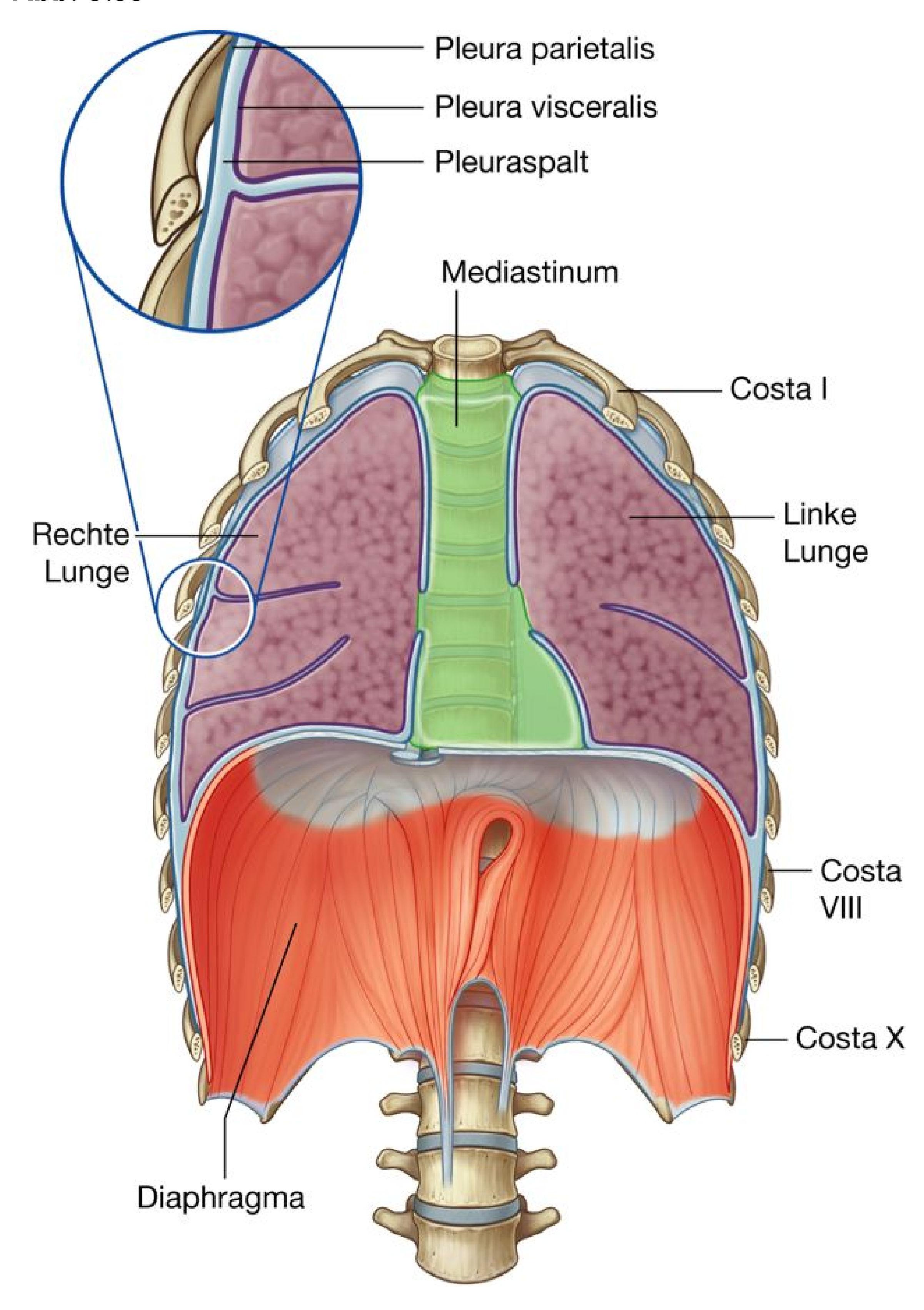
Jede der beiden Pleurahöhlen ist der potenzielle Spaltraum zwischen Pleura parietalis und Pleura visceralis. Normalerweise enthält jede Pleurahöhle nur eine dünne Schicht seröser Flüssigkeit. Aufgrund dieser Anordnung liegt die von Pleura visceralis überzogene Lungenoberfläche der an den Thoraxwänden und dem Mediastinum befestigten Pleura parietalis direkt an; durch den Pleuraspalt kann die Pleura visceralis auf der Pleura parietalis gleiten.

Die Pleura parietalis liegt der **Fascia endothoracica** (innere Brustkorbfaszie) unmittelbar an. Letztere bedeckt die Rippen und die Musculi intercostales intimi. Sie besteht stellenweise nur aus einer Schicht lockeren Bindegewebes, durch das die Pleura parietalis verschieblich mit der Brustwand verbunden ist. Der Teil der Fascia endothoracica, der der Pleurakuppel anliegt, wird **Membrana suprapleuralis** (Sibson-Faszie), der Teil, der auf dem Zwerchfell liegt, **Fascia phrenicopleuralis** genannt.

Pleura parietalis

Die Benennung der Pleura parietalis erfolgt entsprechend den Wandstrukturen, mit denen sie verbunden ist (Abb. 3.36):

Abb. 3.35



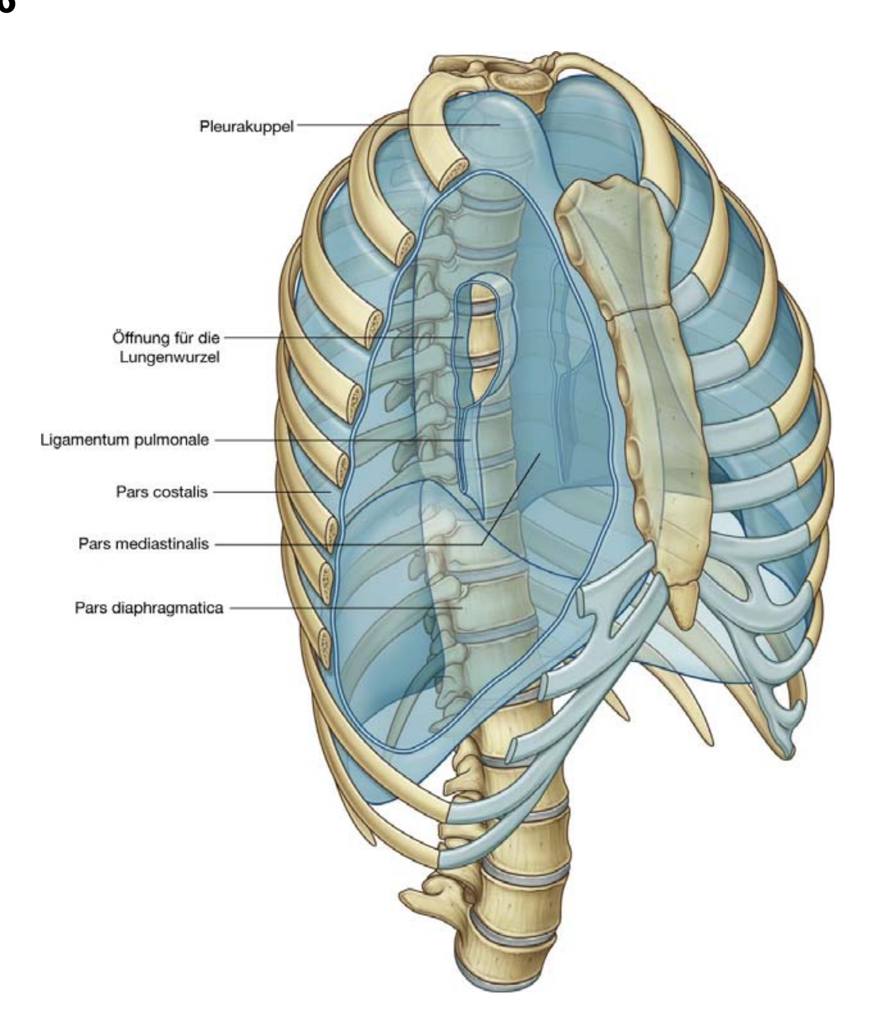
Pleurahöhlen.

- Pleura parietalis, die mit den Rippen und den Interkostalräumen in Verbindung steht, ist die **Pars costalis**.
- Pleura parietalis, die das Zwerchfell überzieht, ist die **Pars diaphragmatica**.
- Pleura parietalis, die das Mediastinum bedeckt, ist die **Pars mediastinalis**.
- Pleura parietalis, die die **Pleurakuppel (Cupula pleurae)** auskleidet, ist die **Pars cervicalis**. Sie wird durch eine Bindegewebsverdickung der Fascia endothoracica in diesem Bereich verstärkt (Membrana suprapleuralis oder Sibson-Faszie).

Im Bereich der Wirbel Th5 bis Th12 schlägt die Pleura parietalis auf die Pleura visceralis um. In diesem Bereich liegt die **Lungenwurzel (Radix pulmonis)**. Hier verlaufen die Hauptbronchien, die Blut- und Lymphgefäße und die Nerven zu und von der Lunge zwischen Mediastinum und Lunge. Man bezeichnet die Eintrittsstelle der Strukturen in die Lunge als **Lungenhilum (Hilum pulmonis)**. Die Pleura parietalis umscheidet die Lungenwurzel und verläuft mit den Strukturen einige Millimeter auf die Lungen zu. Dies ist die Umschlagstelle (Übergangsstelle) in die Pleura visceralis, die sich jetzt ihrerseits auf die Lungenoberfläche fortsetzt.

140
141

Abb. 3.36



Pleura parietalis.

Periphere Grenzen der Pleura

Die peripheren Umschlagstellen der Pleura parietalis begrenzen die Ausdehnung der Pleurahöhlen (Abb. 3.37).

Kranial kann die Pleurakuppel 3 – 4 cm über den ersten Rippenknorpel zwischen die Halseingeweide reichen. Sie liegt aber nicht höher als das Collum costae der ersten Rippe, weil diese zur Artikulation mit dem Manubrium sterni nach unten vorn absteigt.

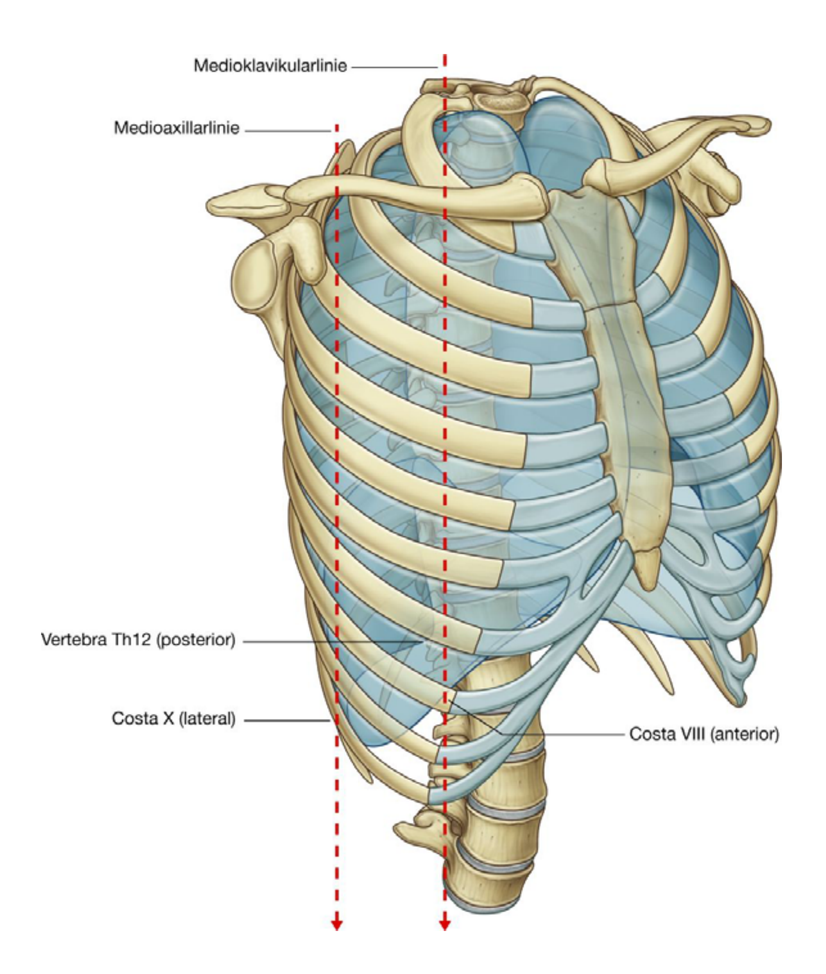
Direkt hinter dem Sternum berühren sich die beiden Pleurahöhlen nahezu. Im hinteren unteren Bereich des Sternums reicht die linke Pleura parietalis allerdings nicht so weit an die Mittellinie heran wie die rechte Pleura parietalis, da sich links der Herzbeutel mit dem Herz ausdehnt.

Unten grenzt die Pars costalis der Pleura im Bereich des Rippenrandes an das Zwerchfell. In der Medioklavikularlinie dehnt sich die Pleurahöhle beiderseits etwa bis zur 8. Rippe aus. In der Medioaxillarlinie erreicht sie die 10. Rippe. Von hier verläuft der Unterrand nahezu horizontal und kreuzt nach dorsal die 11. und 12. Rippe, um den 12. Wirbel zu erreichen. Von der Medioklavikularlinie bis zur Wirbelsäule kann die untere Grenze der Pleura als eine Linie entlang Costa VIII, Costa X und Vertebra Th12 angegeben werden.

141

142

Abb. 3.37



Grenzen der Pleura.

Pleura visceralis

Im Bereich der Lungenwurzel geht die Pleura parietalis in die Pleura visceralis über. Die Pleura visceralis ist fest mit der Lungenoberfläche verbunden und zieht an den Lungenlappengrenzen mit in die Lungenfissuren hinein, sodass sich innerhalb der Fissuren Blätter der Pleura visceralis gegenüberliegen (siehe unten).

Recessus pleuralis

Die Lungen füllen die Pleurahöhlen vorn medial und unten nicht vollständig aus (Abb. 3.38). Hierdurch entstehen Spalträume, Recessus, in denen parietale Pleurablätter direkt aneinanderliegen. Bei der Inspiration dehnt sich die Lunge in die Recessus aus. In den Recessus kann sich Flüssigkeit sammeln und vom Arzt abgezogen (aspiriert) werden. Man unterscheidet drei Recessus:

- Recessus phrenicomediastinalis
- Recessus costomediastinalis
- Recessus costodiaphragmaticus.

Recessus phrenicomediastinalis

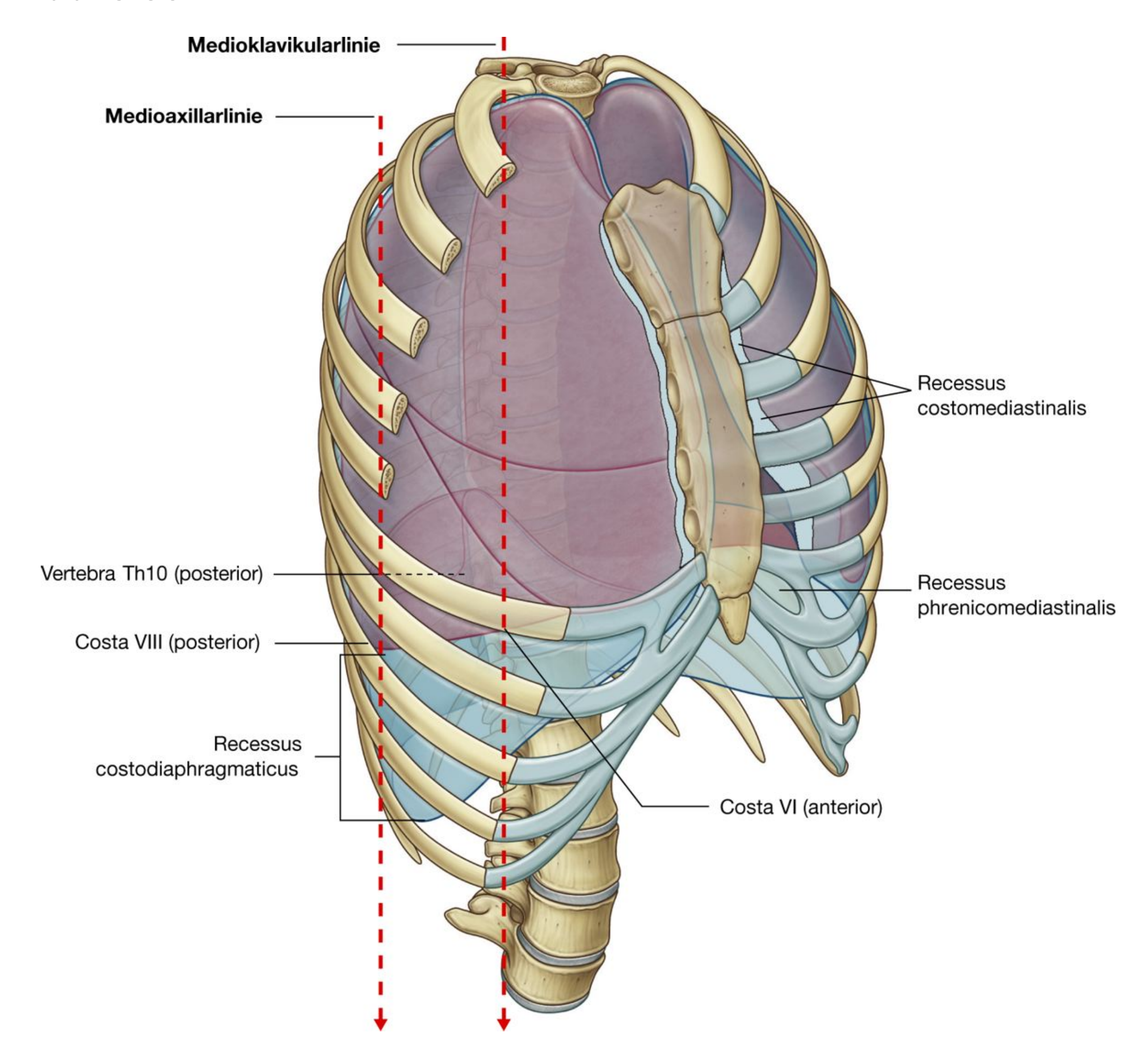
Der **Recessus phrenicomediastinalis** liegt an der Grenze zwischen dem Zwerchfell und dem Mediastinum.

Recessus costomediastinalis

Der **Recessus costomediastinalis** liegt vorn zwischen Rippenknorpeln, Sternum und Mediastinum. Der linke Recessus costomediastinalis ist aufgrund der Ausdehnung des Herzens, an dessen lateraler Seitenwand er liegt und sich noch etwas auf die Herzbeuteloberfläche fortsetzt, größer als der rechte Recessus costomediastinalis.

142

Abb. 3.38



Grenzen und Recessus der Pleura parietalis.

Recessus costodiaphragmaticus

Der **Recessus costodiaphragmaticus** ist der größte und klinisch bedeutendste Spaltraum. Er liegt an der Grenze zwischen den unteren fünf Rippen und dem Zwerchfell (Abb. 3.38) und verläuft zwischen dem Unterrand der Lungen und dem Unterrand der Pleurahöhle. Seine Ausdehnung ist bei forcierter Exspiration am größten. Bei forcierter Inspiration dehnt sich die Lunge komplett in ihn aus.

In Atemruhelage kreuzt der Unterrand der Lunge die 6. Rippe in der Medioklavikularlinie, die 8. Rippe in der Medioaxillarlinie und verläuft dann nahezu horizontal zur Wirbelsäule zum 10. Brustwirbel. Der Unterrand der Pleurahöhle befindet sich zur gleichen Zeit an den gleichen Punkten bei Costa VIII, Costa X und Vertebra Th12. Der Recessus costodiaphragmaticus ist der Spaltraum zwischen diesen beiden Grenzlinien.

Bei der Exspiration nimmt das Lungenvolumen ab, und der Unterrand der Lunge wandert nach oben. Dadurch wird der Recessus costodiaphragmaticus größer.

Lunge (Pulmo)

Die Lungen sind die Organe der Atmung und liegen umgeben von der rechten und linken Pleurahöhle auf beiden Seiten des Mediastinums. Luft tritt ein und verlässt die Lungen wieder über den rechten und linken Hauptbronchus, die Aufzweigungen der Luftröhre (Trachea).

Die Pulmonalarterien bringen sauerstoffarmes Blut vom rechten Herzventrikel zu den Lungen. Sauerstoffreiches Blut wird über die Pulmonalvenen zum linken Herzvorhof geführt.

Die rechte Lunge ist normalerweise etwas größer als die linke Lunge, weil sich das untere Mediastinum aufgrund des Herzens in die linke Brusthöhle vorwölbt und dadurch weniger Platz für die linke Lunge lässt.

143

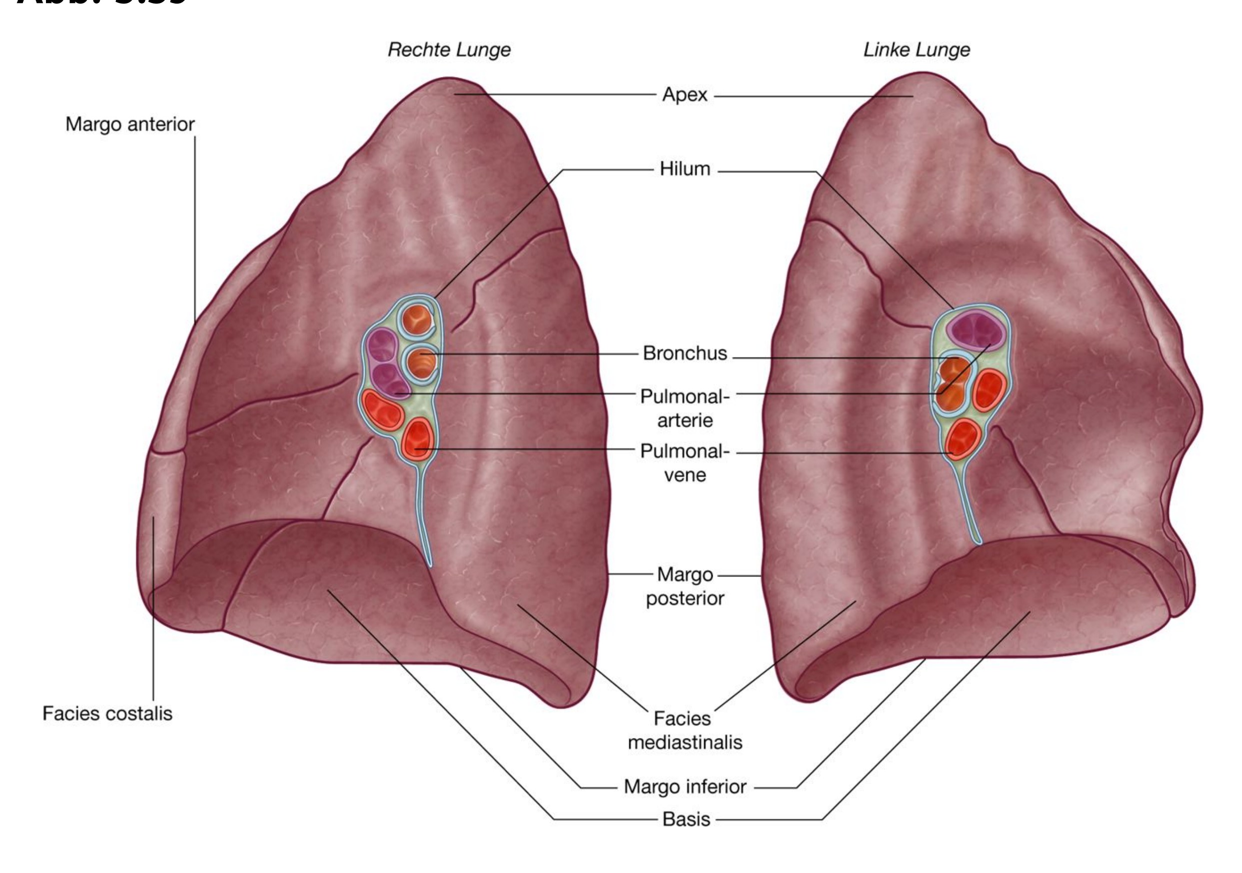
144

Jede Lunge hat die Form eines Halbkegels mit einer Basis, einer Spitze, zwei Oberflächen und drei Rändern (Abb. 3.39).

- Die Lungenbasis **(Basis pulmonis)** sitzt dem Zwerchfell auf.
- Die Lungenspitze **(Apex pulmonis)** projiziert sich über die 1. Rippe in den unteren Teil der Halseingeweide.
- Die kostale der beiden Lungenoberflächen **(Facies costalis)** liegt unmittelbar den Rippen und Interkostalräumen der Thoraxwand an. Die mediastinale Oberfläche **(Facies mediastinalis)** liegt vorn am Mediastinum sowie hinten an der Wirbelsäule und beinhaltet das wie ein großes Komma geformte Lungenhilum, durch das Strukturen in die Lunge und aus ihr treten.
- Der untere der drei Lungenränder **(Margo inferior)** ist scharf und trennt die Basis pulmonis von der Facies costalis. Der vordere **(Margo anterior)** und der hintere **(Margo posterior)** Rand trennen die Facies costalis von der Facies mediastinalis. Im Gegensatz zum vorderen und zum unteren Rand, die scharfkantig sind, ist der Margo posterior glatt und rund.

Die Lungen liegen den benachbarten Strukturen direkt an und werden an ihrer Oberfläche von diesen eingedrückt. Das Herz und die großen Gefäße beulen das Mediastinum aus, das seinerseits die medialen Oberflächen der Lungen eindrückt; die Rippen drücken sich an der Facies costalis in die Lungen ein. Pathologische Veränderungen wie Tumoren oder Abnormitäten einzelner Strukturen können die benachbarten Strukturen in Mitleidenschaft ziehen.

Abb. 3.39



Lungen.

Lungenwurzel und Lungenhilum

Die **Lungenwurzel (Radix pulmonis)** ist eine kurze schlauchförmige Ansammlung von Strukturen, die die Lunge auf jeder Seite mit den entsprechenden Strukturen im Mediastinum verbinden (Abb. 3.40). Sie wird von einem Schlauch aus Pleura parietalis umgeben, die sich hier in die Pleura visceralis auf die Lungen fortsetzt. Die von Pleura umgebene Lungenöffnung, in die die Strukturen ein- und austreten, ist das **Lungenhilum (Hilum pulmonis)**.

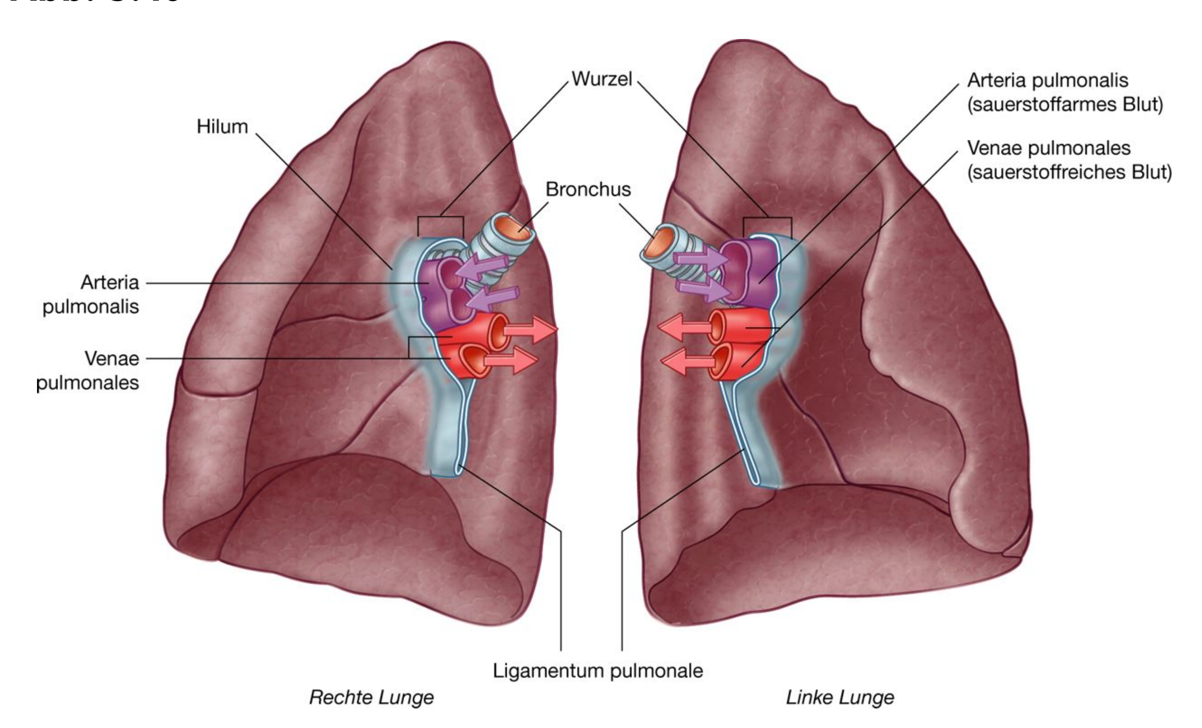
Nach unten läuft die Pleura bis zum Margo inferior als dünne blattartige Falte aus, die vom Lungenhilum zum Mediastinum reicht. Sie wird als **Ligamentum pulmonale** bezeichnet. Es kann den unteren Lungenlappen in seiner Position stabilisieren und passt als Reservefalte die Strukturen in der Lungenwurzel den Auf- und Abbewegungen bei der Atmung an.

144

145

Auf beiden Seiten des Mediastinums verlaufen die Nervi vagi jeweils direkt hinter und die Nervi phrenici direkt vor der Lungenwurzel.

Abb. 3.40



Lungenwurzeln und Lungenhila.

Innerhalb jeder Lungenwurzel liegen und treten durch das Lungenhilum:

- Eine Pulmonalarterie
- Zwei Pulmonalvenen
- Ein Hauptbronchus
- Bronchiale Blutgefäße
- Nerven
- Lymphgefäße.

Allgemein liegen die Pulmonalarterien oben in der Lungenwurzel, die Pulmonalvenen unten und die Bronchien hinten.

Auf der rechten Seite geht der Oberlappenbronchus innerhalb der Lungenwurzel ab; auf der linken Seite erfolgt die Aufzweigung erst innerhalb der Lunge und liegt hier unterhalb der Pulmonalarterie.

Rechte Lunge

Die **rechte Lunge** besteht aus drei Lappen (Lobi pulmonis) und zwei Spalten (Fissurae pulmonis; Abb. 3.41A). Normalerweise sind die Lappen gegeneinander frei verschieblich, da sie bis auf das Hilum durch Invaginationen der Pleura visceralis voneinander getrennt sind:

- Die **Fissura obliqua** trennt den Unterlappen **(Lobus inferior)** vom Ober- **(Lobus superior)** und Mittellappen **(Lobus medius)**.
- Die **Fissura horizontalis** trennt den Oberlappen vom Mittellappen.

Die Fissura obliqua projiziert sich in Atemruhelage in einer gebogenen Linie auf die Thoraxwand ausgehend vom Processus spinosus des 4. Thorakalwirbels nach lateral über den 5. Interkostalraum und folgt nach vorn dann der Kontur der 6. Rippe (Abb. 3.105).

Die Fissura horizontalis verläuft vom Sternum entlang dem 4. Interkostalraum bis zur Fissura obliqua. Die Fissuren treffen sich an der Stelle, an der die Fissura obliqua die 5. Rippe kreuzt.

Die Kenntnis des Fissurenverlaufs ist für den Arzt im Rahmen der Auskultation (das üblicherweise mit einem Stethoskop durchgeführte diagnostische Abhorchen von Organen auf Schallphänomene, z. B. Atemgeräusche, Reibegeräusche) der Lungenlappen von Bedeutung.

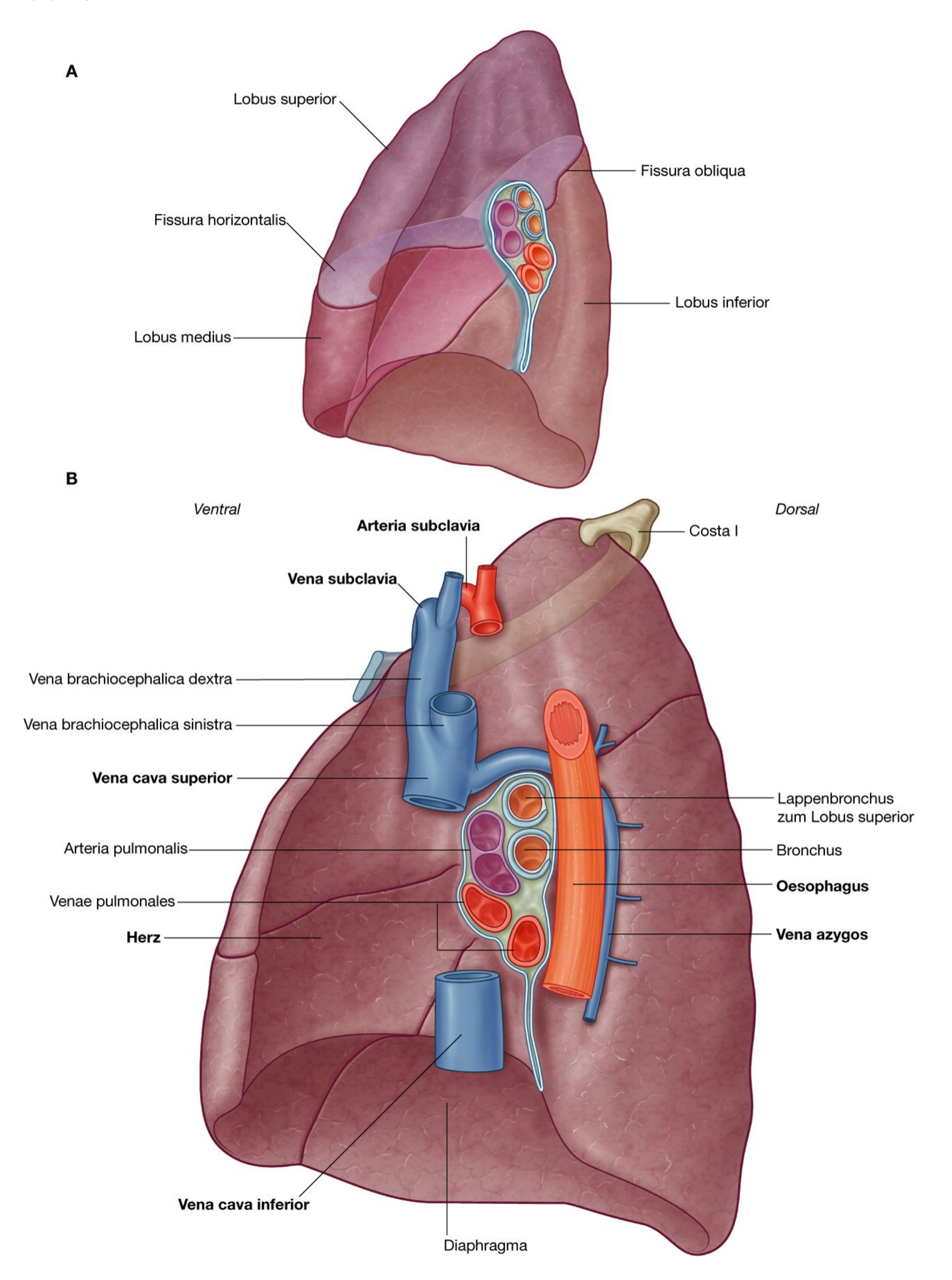
Der größte Teil des Oberlappen steht mit den vorderen und seitlichen oberen Anteilen der Brustwand in Kontakt. Außerdem gehört die über das Niveau der ersten Rippe in die Halseingeweide projizierende Lungenspitze zum Oberlappen. Die Oberfläche des Mittellappens liegt größtenteils am unteren Teil der vorderen und seitlichen Brustwand. Die Facies costalis des Unterlappens kommuniziert mit den hinteren unteren Anteilen der Brustwand.

Bei der Auskultation der einzelnen Lungenlappen ist es wichtig, die Membran des Stethoskops an der richtigen Stelle zu positionieren, um den entsprechenden Lappen auch beurteilen zu können (Abb. 3.106).

145

146

Abb. 3.41



A. Rechte Lunge. **B**. Hauptstrukturen mit Bezug zur rechten Lunge.

146
147

Die mediale Lungenoberfläche der rechten Lunge grenzt an mehrere wichtige Strukturen im Mediastinum und am Übergang zum Hals (Abb. 3.41B):

- Herz
- Vena cava inferior
- Vena cava superior
- Vena azygos
- Ösophagus.

Die rechte Arteria und Vena subclavia dextra ziehen in engem Kontakt bogenförmig über die rechte Lungenspitze oberhalb der Pleurakuppel zur Axilla.

Linke Lunge

Die **linke Lunge** ist kleiner als die rechte Lunge und besteht aus zwei Lappen, die von einer **Fissura obliqua** getrennt werden (Abb. 3.42A). Die Fissura obliqua verläuft etwas schräger als die korrespondierende Fissura obliqua der rechten Lunge.

Bei Ruheatmung verläuft die Fissura obliqua der linken Lunge entlang einer gebogenen Linie an der Thoraxwand, die an den Processus spinosi der Wirbelkörper Th3 und Th4 beginnt, lateral den 5. Interkostalraum kreuzt und der Kontur der 6. Rippe nach ventral zum Sternum folgt (Abb. 3.105).

Genauso wie auf der rechten Seite dient die Fissura horizontalis auch auf der linken Seite als Orientierung für die Auskultation der Lungenlappen.

Der größte Teil des linken Oberlappens steht mit dem oberen vorderen und seitlichen Teil der Brustwand in Kontakt, die Lungenspitze projiziert sich über das Niveau der ersten Rippe in die Halseingeweide. Die Facies costalis steht hauptsächlich mit den hinteren und unteren Anteilen der Brustwand in Kontakt.

Bei der Auskultation der beiden Lungenlappen ist es wichtig, die Membran des Stethoskops an der richtigen Stelle zu positionieren, um den entsprechenden Lappen auch beurteilen zu können (Abb. 3.106).

Der untere Anteil der medialen Lungenoberfläche ist im Gegensatz zur rechten Lunge durch die Projektion des Herzens in die linke Pleurahöhle ausgehend vom Mediastinum eingezogen (Incisura cardiaca).

Unterhalb der Incisura cardiaca (an der Vorderfläche des unteren Anteils des Oberlappens) dehnt sich der Oberlappen als dünne zungenartige Ausziehung **(Lingula pulmonis sinistri)** über dem Herzbeutel aus.

Die mediale Lungenoberfläche grenzt an eine Reihe wichtiger Strukturen im Mediastinum und am Übergang zum Hals (Abb. 3.42B):

- Herz

- Aortenbogen (Arcus aortae)
- Aorta thoracica
- Ösophagus.

Die Arteria und Vena subclavia sinistra verlaufen in engem Kontakt bogenförmig über die linke Lungenspitze oberhalb der Pleurakuppel zur Axilla.

Bronchialbaum

Die **Luftröhre (Trachea)** ist eine flexible Röhre, die etwa vom 6. Halswirbel im unteren Halsbereich bis zum 4. oder 5. Brustwirbel im Mediastinum reicht. Hier teilt sie sich in den rechten und linken Hauptbronchus auf (Abb. 3.43). Die Trachea wird von C-förmigen Knorpelspangen aus hyalinem Knorpel stabilisiert, die horizontal in ihrer Wand liegen. Sie sind in Längsrichtung durch Bandstrukturen (Ligamenta anularia) verbunden. Die Öffnung des C zeigt nach dorsal. Sie wird durch eine Wand (Paries membranaceus) aus Bindegewebe und transversal verlaufende glatte Muskulatur (Musculus trachealis) verschlossen.

Jeder der beiden Hauptbronchien verläuft durch die Lungenwurzel und tritt über das Lungenhilum in die Lunge selbst ein. Der **rechte Hauptbronchus (Bronchus dexter)** hat einen etwas größeren Durchmesser und verläuft steiler durch die Lungenwurzel und das Lungenhilum als der **linke Hauptbronchus (Bronchus sinister;**Abb. 3.43A). *Daher gelangen inhalierte Fremdkörper häufiger in die rechte als in die linke Lungenseite.*

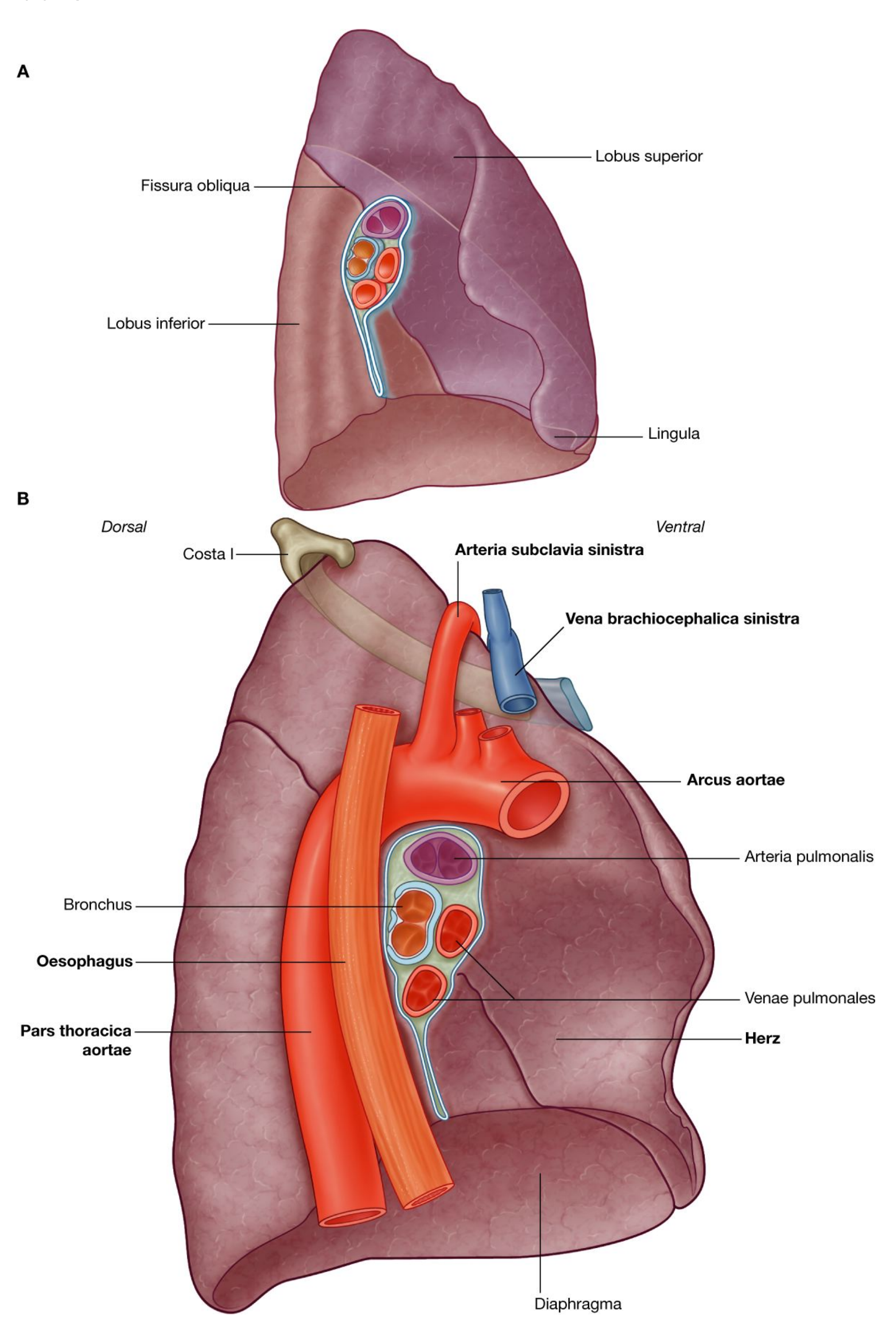
Die Hauptbronchien teilen sich innerhalb der Lunge (der rechte zum Lobus superior schon innerhalb der Lungenwurzel) in **Lappenbronchien**, die zu einem Lungenlappen führen.

Die Lappenbronchien teilen sich weiter in **Segmentbronchien**, die zu einzelnen Segmenten innerhalb der Lungenlappen führen (Abb. 3.43B).

Segmentbronchien werden durch mehrere Generationen von Bronchien (Bronchi intrasegmentales; mittlere, kleine und kleinste) fortgesetzt. Daran schließen sich die Bronchioli (Durchmesser < 1 mm) an, die nach mehreren Teilungen in Bronchioli terminales übergehen. Nach mehreren weiteren Teilungen schließt sich der respiratorische Abschnitt (Gasaustauschfläche) an. Die Wände der Bronchien werden durch unregelmäßig angeordnete Platten aus hyalinem Knorpel verstärkt, die mit zunehmender Aufzweigung des Bronchialbaums immer weniger werden. Sobald Knorpel (und Drüsen) fehlen, handelt es sich um Bronchiolen.

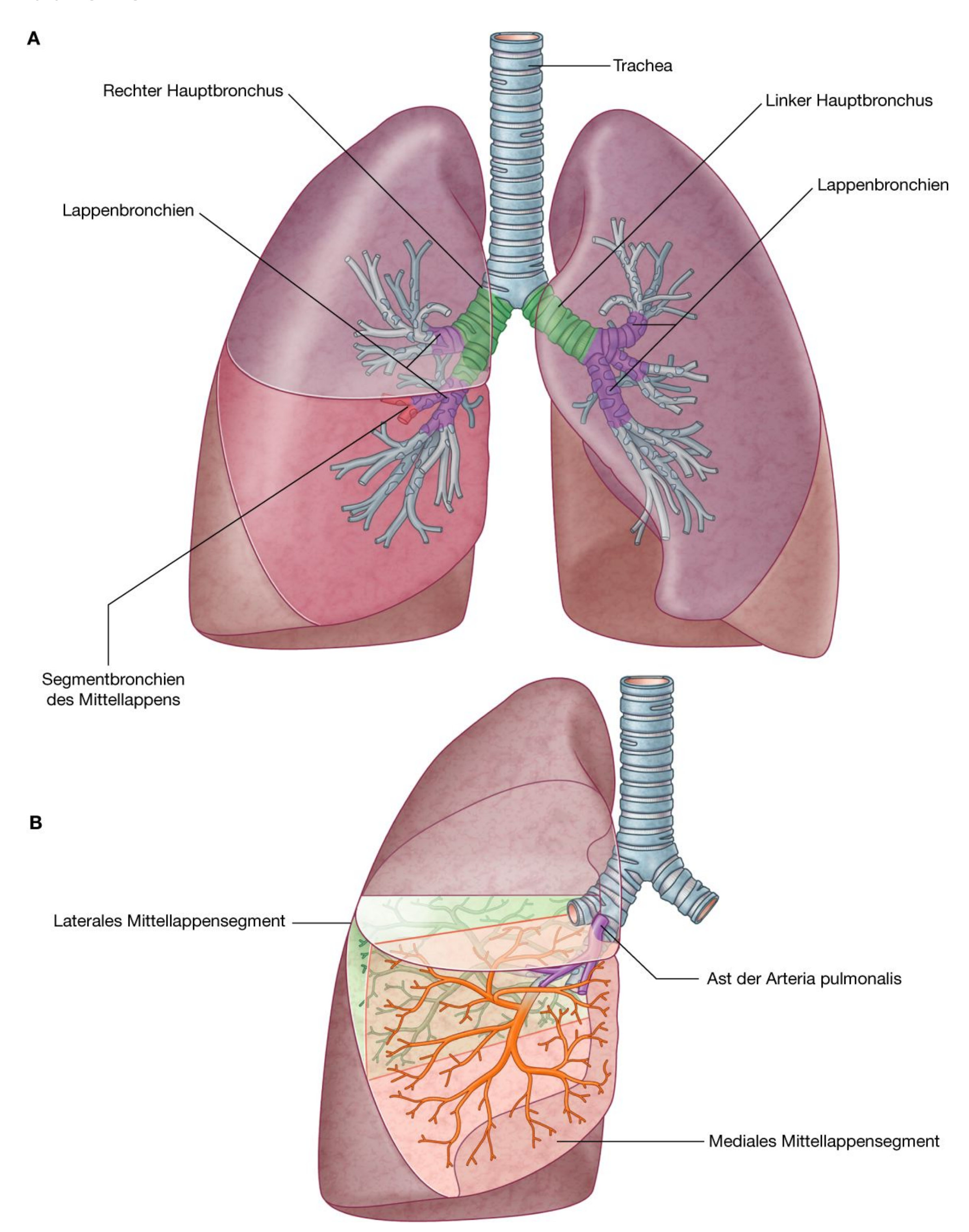
147

Abb. 3.42



A. Linke Lunge. **B**. Hauptstrukturen mit Bezug zur linken Lunge.

Abb. 3.43



A. Bronchialbaum. **B**. Segmentbronchien.

Bronchopulmonalsegment

Unter einem **bronchopulmonalen Segment** versteht man eine selbstständige funktionstüchtige Atmungseinheit, die einen Segmentbronchus und einen zugehörigen Ast der Arteria pulmonalis besitzt.

Nebenäste der Pulmonalvene verlaufen zwischen und entlang den Segmentgrenzen (intersegmental).

Jedes bronchopulmonale Segment ist wie ein unregelmäßiger Konus geformt, dessen Spitze zum Ursprung des Lungensegments und dessen Basis in die Peripherie zur Lungenoberfläche gerichtet sind.

Ein bronchopulmonales Segment ist die kleinste funktionell unabhängige Einheit der Lunge und die kleinste Einheit der Lunge, die isoliert und entfernt werden kann, ohne dadurch die benachbarten Lungengebiete in Mitleidenschaft zu ziehen.

Jede Lunge besitzt zehn bronchopulmonale Segmente (Abb. 3.44); einige davon fusionieren in der linken Lunge.

Gefäßversorgung

Innerhalb der Lunge unterscheidet man zwei Gefäßsysteme:

- **Vasa publica** (funktionelle Gefäße des kleinen Kreislaufs). Dies sind die Arteria pulmonalis und die Venae pulmonales. Sie führen sauerstoffarmes Blut vom Herzen zur Lunge (Arteria pulmonalis) und sauerstoffreiches Blut von der Lunge zum Herzen (Venae pulmonales).
- **Vasa privata** (Eigenversorgung der Lungenstrukturen, gehören zum großen Kreislauf). Dies sind die Rami (Arteriae) bronchiales und Venae bronchiales.

Pulmonalarterien

Die rechte und die linke Arteria pulmonalis entspringen aus dem **Truncus pulmonalis**. Sie transportieren sauerstoff armes Blut vom rechten Herzventrikel zu den Lungen (Abb. 3.45). Die Aufteilung des Truncus pulmonalis liegt etwas links der Mittellinie genau auf Höhe der Wirbelkörper Th4/5 sowie vorn und unterhalb auf der linken Seite der Bifurcatio tracheae.

Arteria pulmonalis dextra

Die **rechte Pulmonalarterie** ist länger als die linke und verläuft horizontal durch das Mediastinum (Abb. 3.45). Sie liegt

- vor und etwas unterhalb der Bifurcatio tracheae sowie vor dem rechten Hauptbronchus,
- hinter der Aorta ascendens sowie oberhalb der Vena cava superior und der oberen rechten Pulmonalvene.

Die rechte Pulmonalarterie tritt in die Lungenwurzel ein und gibt vor Eintritt in das Lungenhilum bereits einen großen Ast zum Lobus superior ab. Der Hauptast des Gefäßes zieht weiter durch das Lungenhilum, gibt einen zweiten (rückläufigen) Ast zum Lobus

superior ab und teilt sich dann in zwei Äste zur Versorgung des Mittel- und des Unterlappens auf.

Arteria pulmonalis sinistra

Die **linke Pulmonalarterie** ist kürzer als die rechte und liegt vor der Aorta descendens sowie hinter der Vena pulmonalis superior (Abb. 3.45). Sie verläuft durch Lungenwurzel und Lungenhilum und teilt sich anschließend in der Lunge auf.

Pulmonalvenen

Auf jeder Seite befördern eine **Vena pulmonalis superior** und eine **Vena pulmonalis inferior** sauerstoffreiches Blut von den Lungen zum Herzen zurück (Abb. 3.45). Die Venen entstehen aus Zusammenflüssen am Lungenhilum, ziehen durch die Lungenwurzel und führen das Blut unmittelbar in den linken Herzvorhof.

Bronchialarterien und -venen

Die Rami (Arteriae) bronchiales (Abb. 3.45) dienen der Ernährung des Lungengewebes selbst (Wand der Bronchien, Glandulae bronchiales, Gefäßwände, Pleura visceralis). Sie stehen innerhalb der Lunge mit Ästen der Arteriae pulmonales und Venae pulmonales in Verbindung.

Die Bronchialarterien entspringen direkt aus der Aorta thoracica oder aus einem ihrer Äste:

- Ein einzelner **Ramus bronchialis dexter** entspringt normalerweise aus der dritten hinteren Interkostalarterie (manchmal auch aus dem linken oberen Bronchialarterienast).
- Zwei **Rami bronchiales sinistri** kommen direkt aus der Vorderseite der Aorta thoracica – der **Ramus bronchialis sinister superior** entspringt auf Höhe des Wirbels Th5; der Ramus bronchialis sinister inferior tritt unterhalb des linken Hauptbronchus aus.

Die Rami (Arteriae) bronchiales verlaufen auf der Hinterseite der Bronchien und teilen sich entsprechend dem Bronchialbaum zur Blutversorgung des Lungengewebes auf.

Die **Venae bronchiales** drainieren ihr Blut

- in die Venae pulmonales oder den linken Vorhof,
- in die Vena azygos auf der rechten Seite oder in die oberen Interkostalvenen oder die Vena hemiazygos auf der linken Seite.

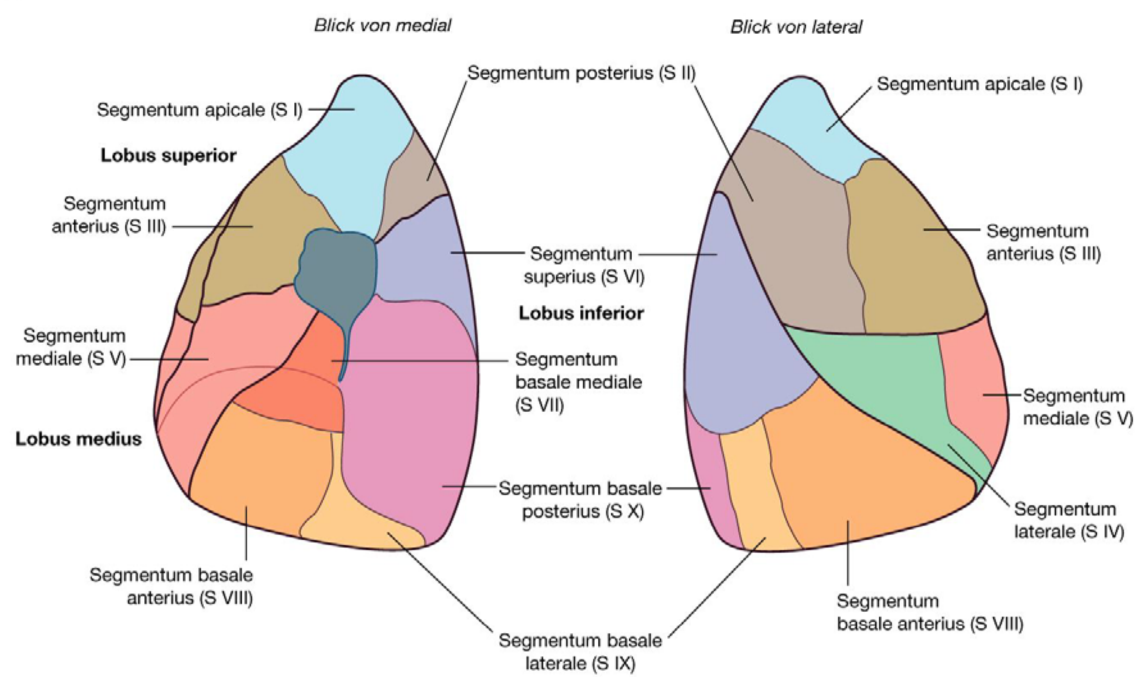
Innervation

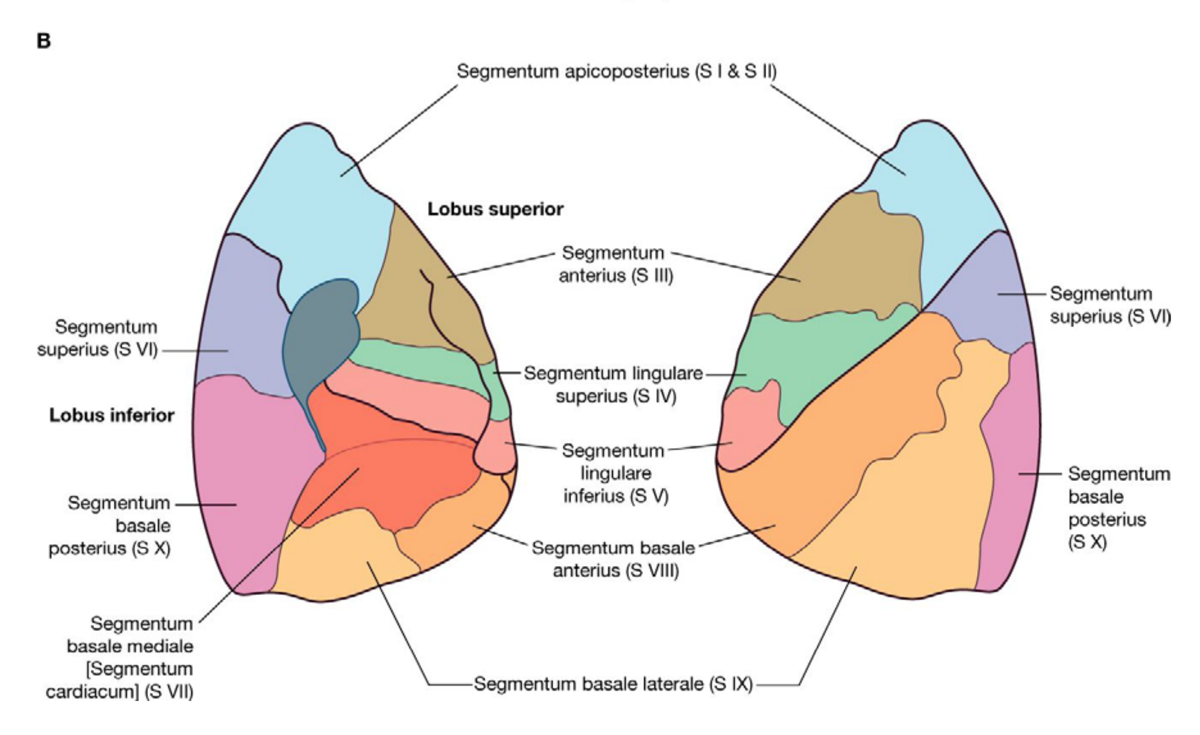
Die Pleura visceralis und die anderen Strukturen der Lunge werden durch viszeroafferente und -efferente Fasern aus dem vorderen und hinteren Plexus pulmonalis innerviert (Abb. 3.46). Diese beiden Plexus liegen vor und hinter der Trachealbifurkation und den beiden Hauptbronchien. Der vordere Plexus ist etwas schwächer ausgebildet als der hintere.

150

Abb. 3.44

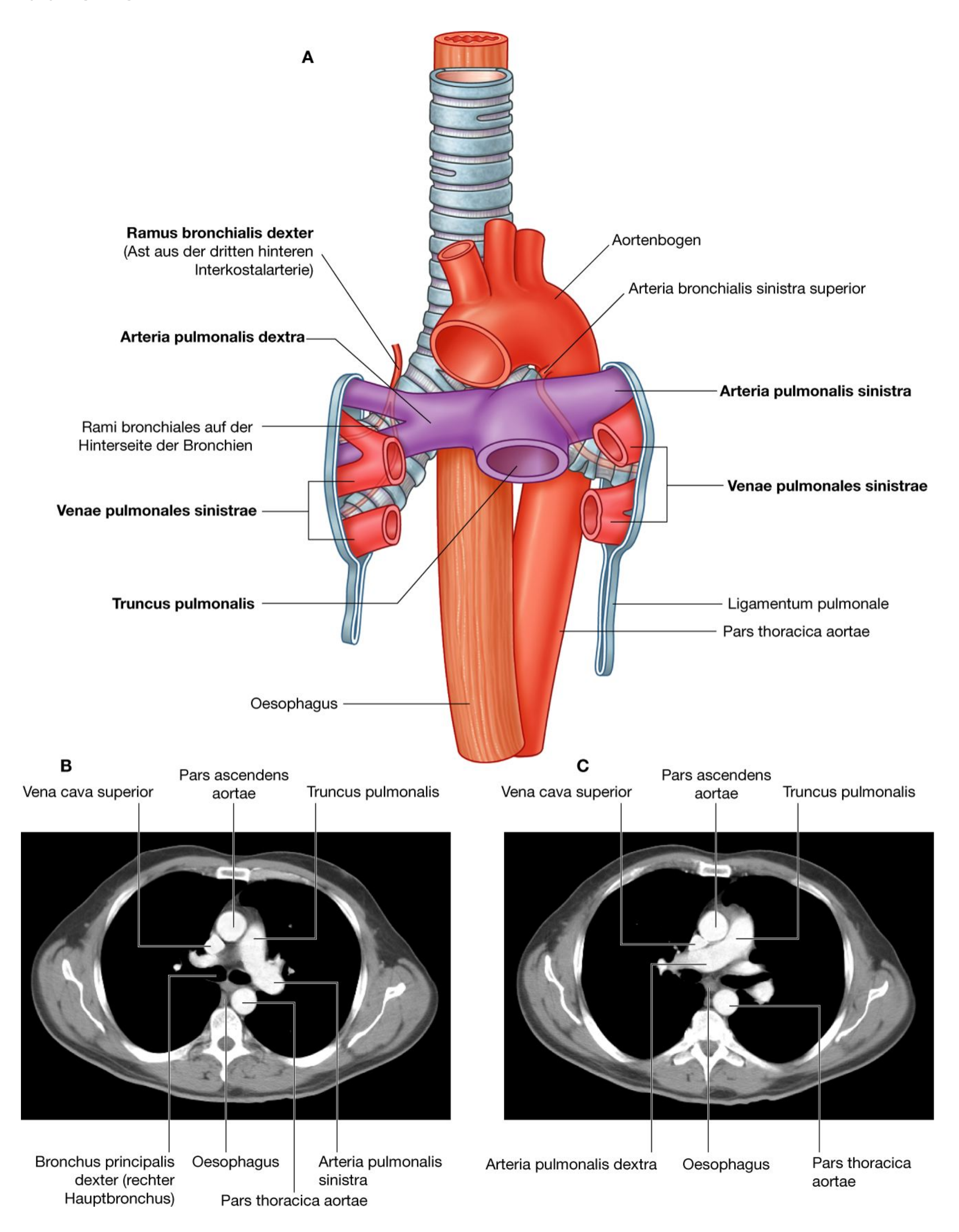






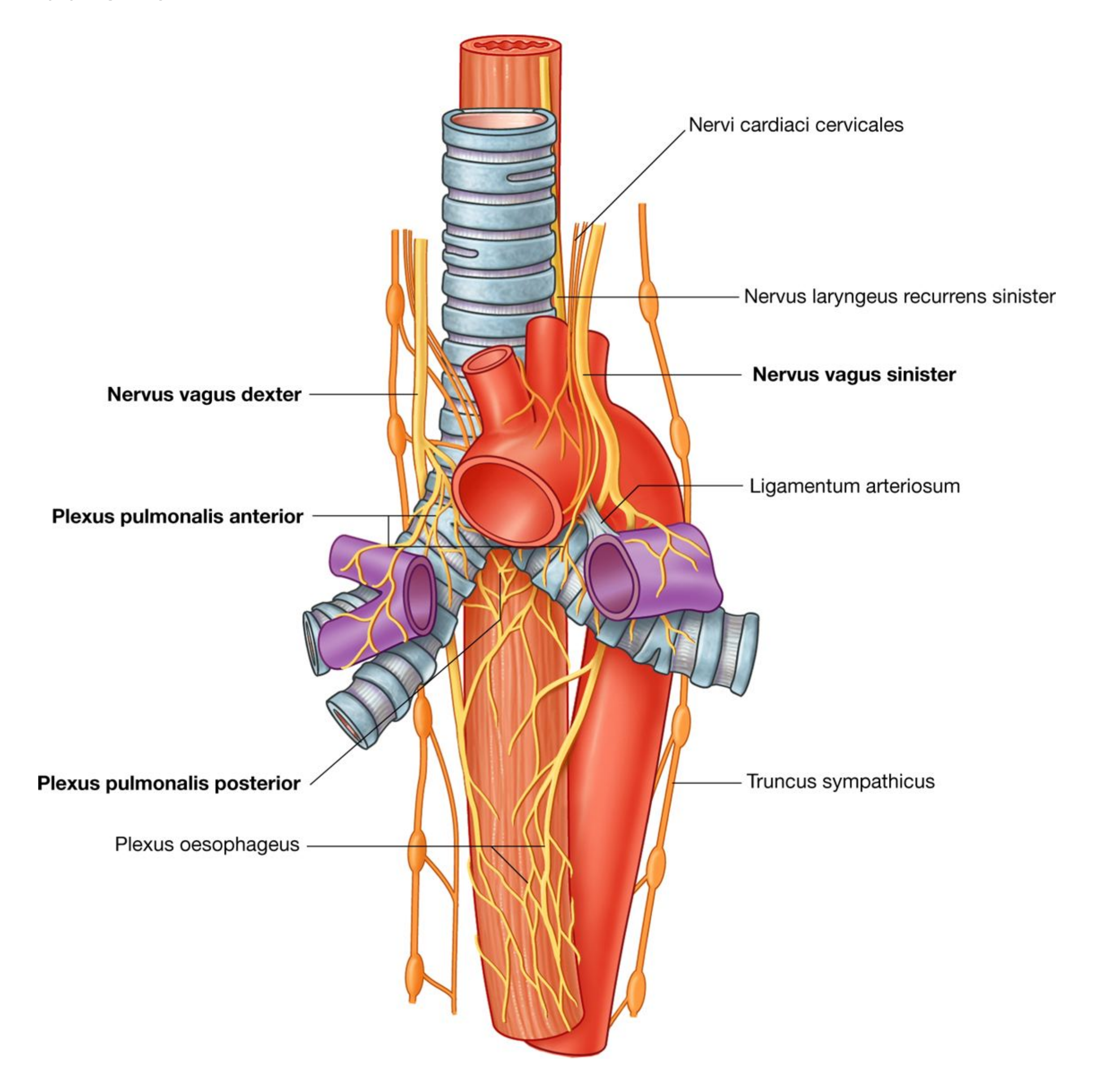
Bronchopulmonalsegmente. **A**. Rechte Lunge. **B**. Linke Lunge (die Bronchopulmonalsegmente sind durch-nummeriert und benannt).

Abb. 3.45



Lungengefäße. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Computertomographie in axialer Schichtung auf Höhe des Abgangs der linken Pulmonalarterie aus dem Truncus pulmonalis. **C**. Computertomographie in axialer Schichtung (knapp unterhalb des in B. gezeigten Bildes). Man sieht den Abgang der rechten Pulmonalarterie aus dem Truncus pulmonalis.

Abb. 3.46



Innervation der Lunge.

Äste aus den beiden Plexus, die ihre Fasern aus den Truncus sympathicus und dem Nervus vagus erhalten, verlaufen mit den Luftwegen und den Gefäßen der Lunge.

Viszerale Efferenzen

- aus dem Nervus vagus verengen die Bronchiolen;
- aus dem Sympathikus erweitern die Bronchiolen.

Lymphabfluss

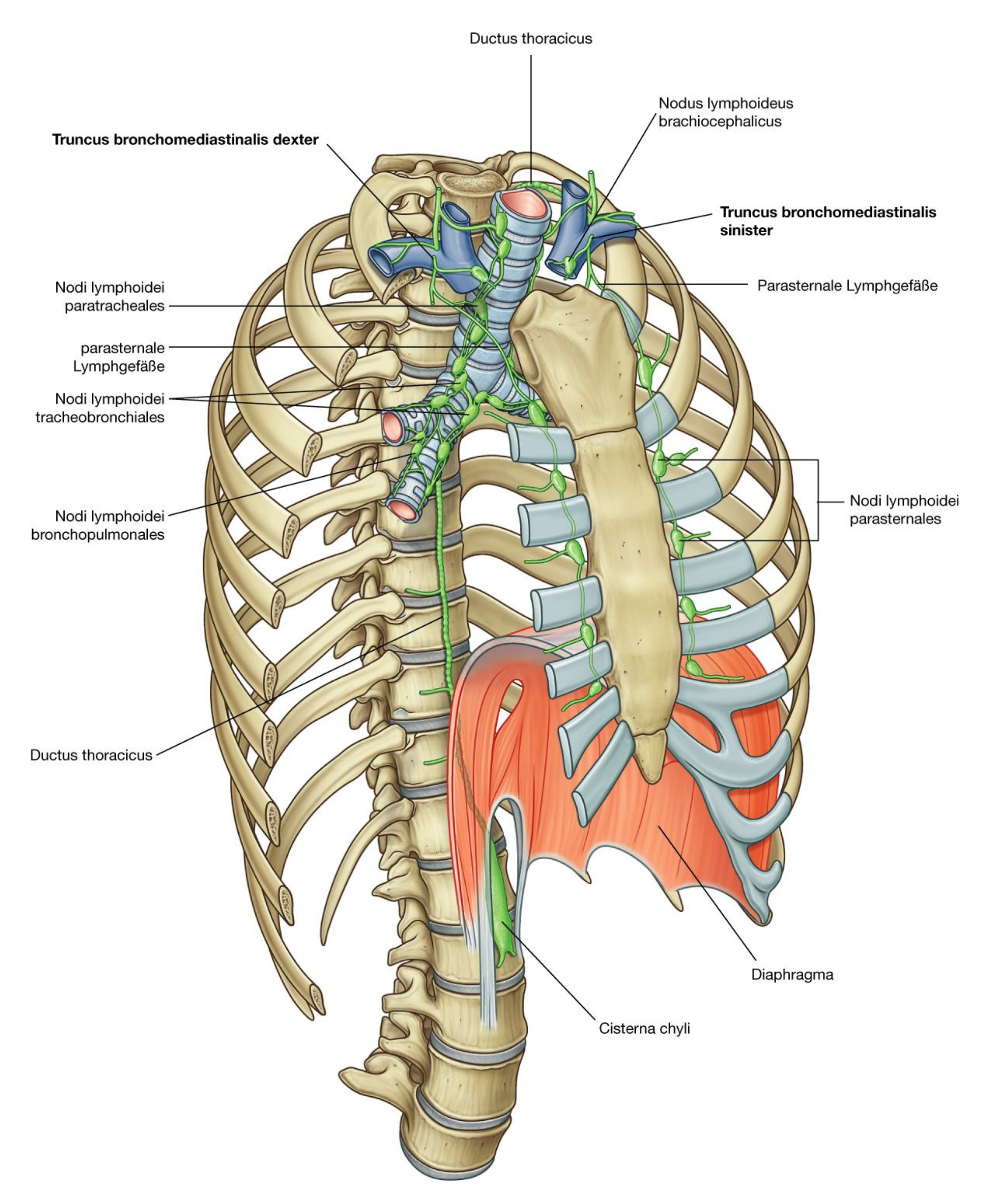
Die Lymphdrainage der Lunge erfolgt über Lymphgefäße in der Lungenperipherie zunächst in **Nodi lymphoidei intrapulmonales** an den Aufzweigungen des Bronchialbaums zu den einzelnen Segmenten (Abb. 3.47). Von hier wird die Lymphe zu **Nodi lymphoidei**

bronchopulmonales an den Aufzweigungen zu den einzelnen Lungenlappen geführt und läuft dann weiter über **Nodi lymphoidei tracheobronchiales** superiores und inferiores oberhalb und unterhalb der Trachealbifurkation. Es schließen sich **Nodi lymphoidei paratracheales** entlang der Luftröhre an, die Verbindung zu Nodi lymphoidei parasternales und Nodi lymphoidei brachiocephalici vor den Venae brachiocephalicae im oberen Mediastinum haben. Hier bilden sie die **Trunci bronchomediastinales dexter** und **sinister**. Die beiden Trunci drainieren direkt in die tiefen Venen der Halsbasis, hauptsächlich aber in den Truncus lymphaticus dexter oder den Ductus thoracicus. Einige Nodi lymphoidei tracheobronchiales inferiores führen auch Lymphe in die Nodi lymphoidei phrenici superiores.

153

154

Abb. 3.47



Lymphabflüsse der Lunge.

154

Klinik

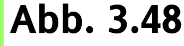
Bildgebung der Lunge

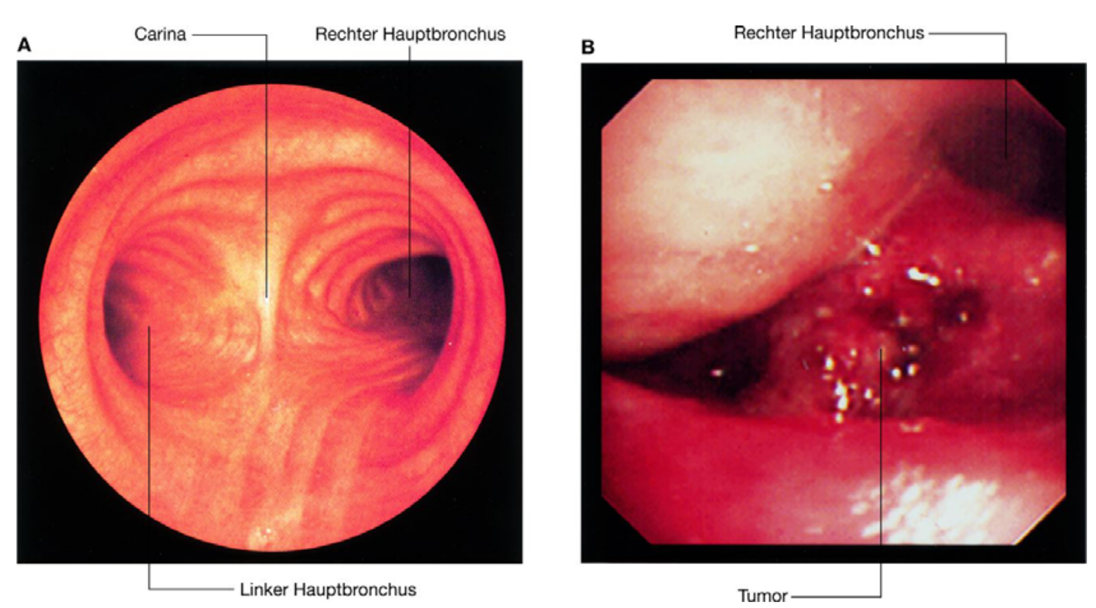
Da die Lunge einer der am häufigsten von Krankheiten betroffenen Orte im Körper ist, ist die Bildgebung der Lungen in der Klinik von großer Bedeutung. Selbst wenn man sich im Schlaf befindet, tauschen die Lungen bis zu 5 l Luft pro Minute aus. Diese Luft kann pathogene oder andere reizende Stoffe enthalten (z. B. Allergene). Techniken, zur Darstellung der Lunge reichen von herkömmlichen Röntgenaufnahmen bis zu hochauflösenden Computertomographien, die eine präzise Lokalisation von Veränderungen in der Lunge erlauben.

Klinik

Bronchoskopie

Patienten mit endobronchialen Veränderungen (Veränderungen innerhalb eines Bronchus) werden einer Bronchoskopie unterzogen, um die Trachea und die größeren Äste des Bronchialbaumes zu beurteilen (Abb. 3.48). Das Bronchoskop wird über die Nase des Patienten eingeführt und weiter durch den Nasopharynx und Oropharynx bis zum Kehlkopf vorgeschoben. Mithilfe eines Steuersystems wird der Kopf des Endoskops unter Sicht vorsichtig durch die Stimmlippen im Kehlkopf bis in die Trachea vorgeschoben. Anschließend können Trachea und Bronchien beurteilt werden, und nötigenfalls lassen sich auch kleine Probebiopsien entnehmen.





Bronchoskopie. **A**. Blick von oben auf die Trachealbifurkation und in den linken und rechten Hauptbronchus. **B**. Blick von oben auf einen kleinen Tumor im Bereich der Carina an der Bifurcatio tracheae.

Klinik

Bronchialkarzinom

Nach der Diagnose „Lungenkrebs“ muss das Stadium des Tumors ermittelt werden (sog. Staging).

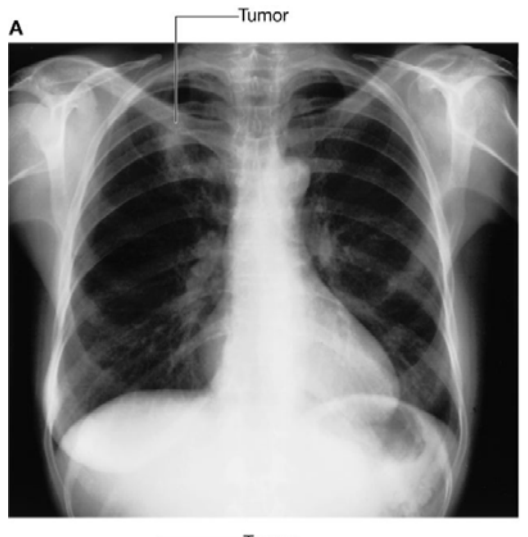
Wenn nur ein kleiner maligner Knoten in der Lunge entdeckt wurde, kann dieser manchmal mit exzellenter Prognose entfernt (exzidiert) werden. Unglücklicherweise haben die meisten Tumoren zum Zeitpunkt ihrer Entdeckung bereits umliegende Strukturen des Media stinums oder der Pleura infiltriert, oder es hat bereits eine Metastasierung in andere Organe stattgefunden. Der Tumor ist dann oft inoperabel und wird mittels Strahlen- und Chemotherapie behandelt.

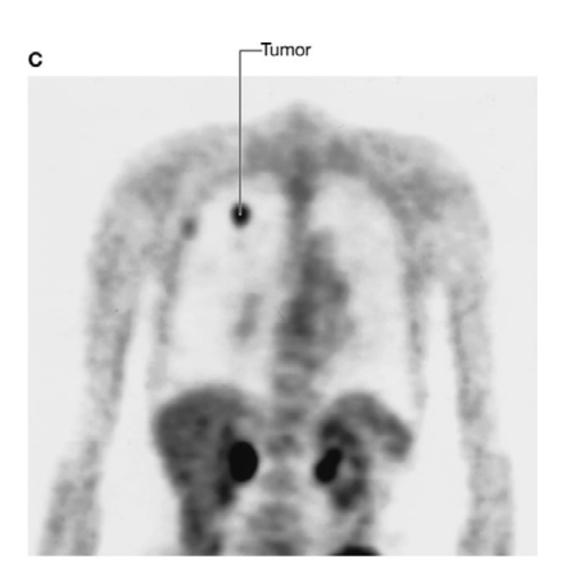
Die Ausbreitung des Tumors erfolgt hauptsächlich über das Lymphsystem in die Lymphknoten im Bereich des Lungenhilum (Hilumlymphknoten), des Mediastinums sowie den unteren Halslymphknoten.

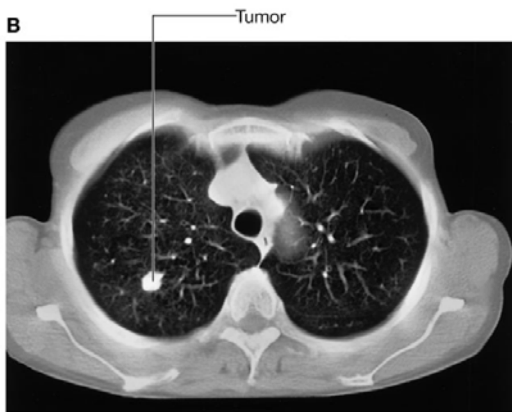
Ein entscheidender Faktor für die Prognose und die Heilungsmöglichkeit ist die Entfernung der Metastasen. Radiologische Methoden zur Ermittlung der Tumorausbreitung umfassen konventionelle Röntgenaufnahmen (Abb. 3.49A), Computertomographie (CT; Abb. 3.49B) und Magnetresonanztomographie (MRT). Zunehmend werden auch nuklearmedizinische Methoden wie die Positronenemissionstomographie (PET) z. B. mit Fluordeoxyglukose (FDG) eingesetzt (Abb. 3.49C).

Bei der FDG-PET ist ein Gammastrahler an die Glukosemoleküle gekoppelt. In Gebieten mit hoher metabolischer Aktivität (z. B. im Tumorgebiet oder in Metastasen) kommt es zu einer starken Aufnahme der Glukose und damit auch des Gammastrahlers, der von einer Gammakamera bei der Untersuchung detektiert wird und ein entsprechendes Bild liefert.

Abb. 3.49







Bildgebung der Lunge. **A**. Standardröntgenaufnahme im posterior-anterioren (pa) Strahlengang. Dargestellt ist der komplette Brustbereich. Ein Tumor ist in der oberen rechten Lunge sichtbar. **B**. Axiales CT der Lungen. Auch hier ist der Tumor in der rechten Lunge gut sichtbar. **C**. Radionukliduntersuchung mittels FDG-PET. Der Tumor ist hier als „schwarzer" Fleck in der rechten Lunge sichtbar.

156
157

MEDIASTINUM

Das **Mediastinum** ist ein breiter, zentral gelegener Raum, der die beiden Pleurahöhlen voneinander trennt (Abb. 3.50). Es dehnt sich

- vom Sternum bis zu den Wirbelkörpern und
- von der oberen Thoraxapertur bis zum Zwerchfell aus (Abb. 3.51).

Das Mediastinum schließt den Thymus, den Herzbeutel mit dem Herz, die Trachea und die großen Arterien und Venen ein.

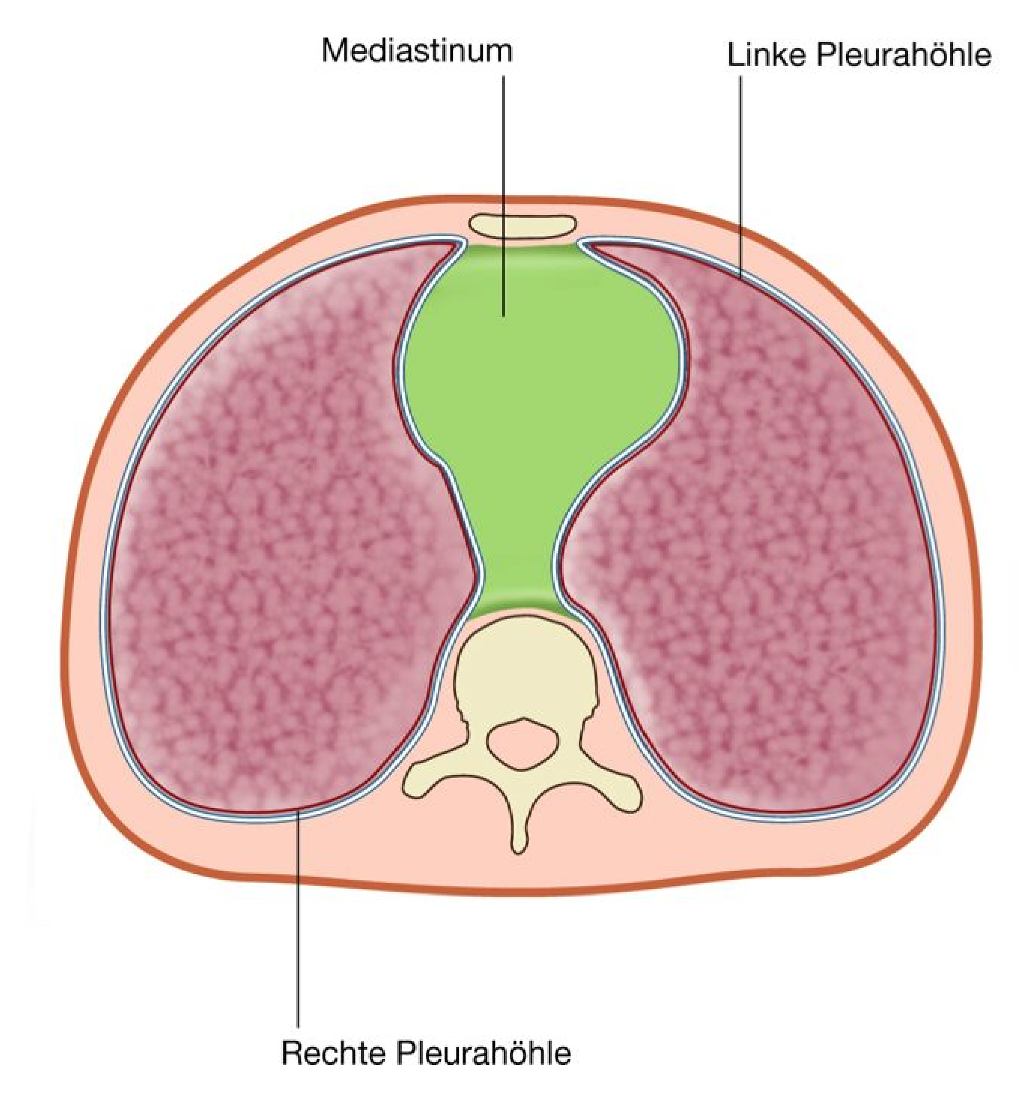
Außerdem dient das Mediastinum als Transitstrecke für Ösophagus, Ductus thoracicus und verschiedene Komponenten des Nervensystems, die auf dem Weg zum Abdomen durch den Thorax ziehen.

Aus didaktischen Gründen wird das Mediastinum in verschiedene Abschnitte unterteilt. Eine horizontale Ebene, die sich vom Angulus sterni (Grenze zwischen Manubrium und Corpus sterni) zum Discus articularis zwischen den Wirbeln Th4 und Th5 erstreckt, unterteilt das Mediastinum in

- ein **Mediastinum superius** und
- ein **Mediastinum inferius**, das durch den Perikardbeutel in ein vorderes, mittleres und hinteres Mediastinum **(Mediastina anterius, medium und posterius)** unterteilt wird.

Der Bereich vor dem Perikardbeutel und hinter dem Corpus sterni ist das Mediastinum anterius. Der Bereich hinter dem Perikardbeutel und vor den Wirbelkörpern ist das Mediastinum posterius. Der Raum in der Mitte, der den Herzbeutel und dessen Inhalt umschließt, ist das Mediastinum medium (Abb. 3.52).

Abb. 3.50



Horizontalschnitt durch den Thorax. Position des Mediastinums.

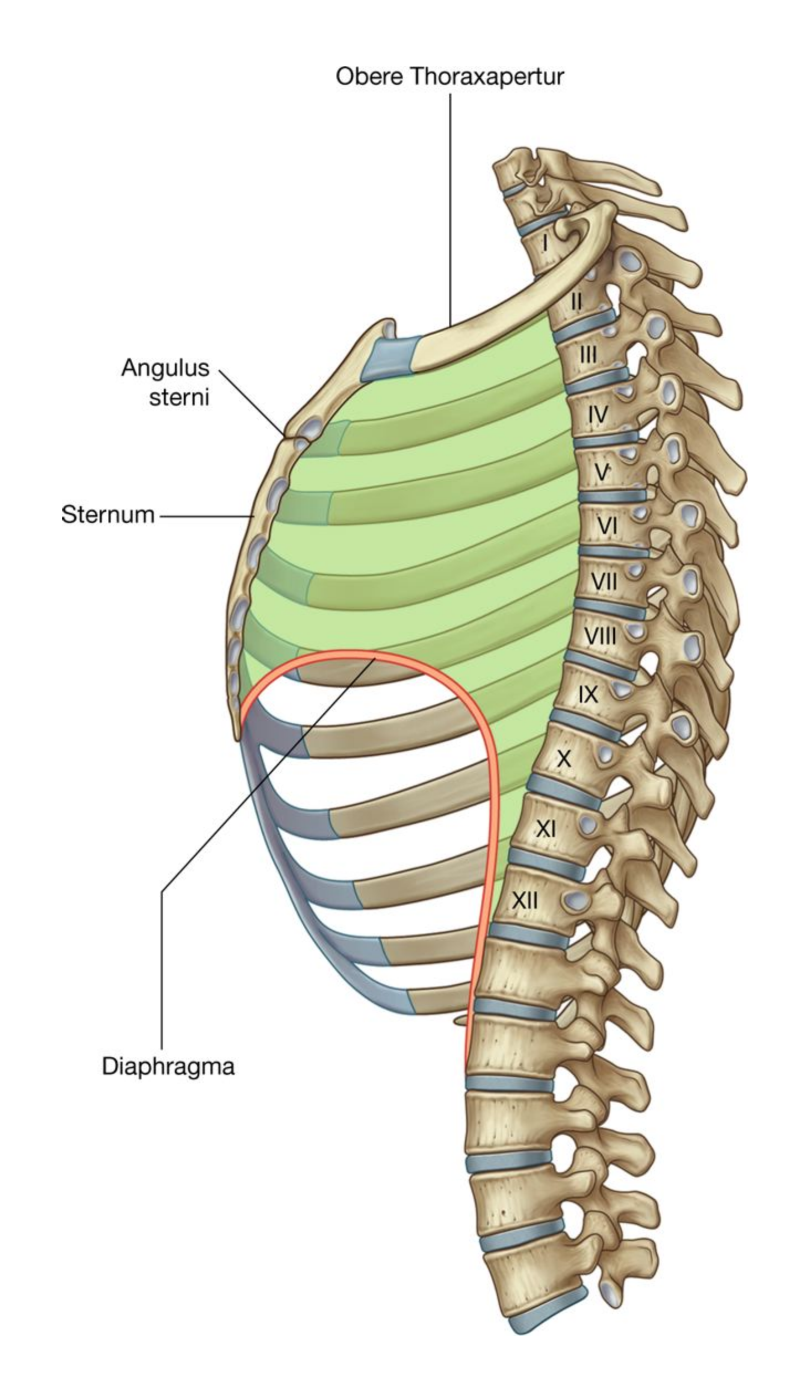
Mediastinum medium

Das **mittlere Mediastinum** liegt zentral im Thorax. Es beinhaltet den Herzbeutel, das Herz, die Abgänge der großen Gefäße, verschiedene Nerven sowie kleinere Blutgefäße.

Herzbeutel (Perikard)

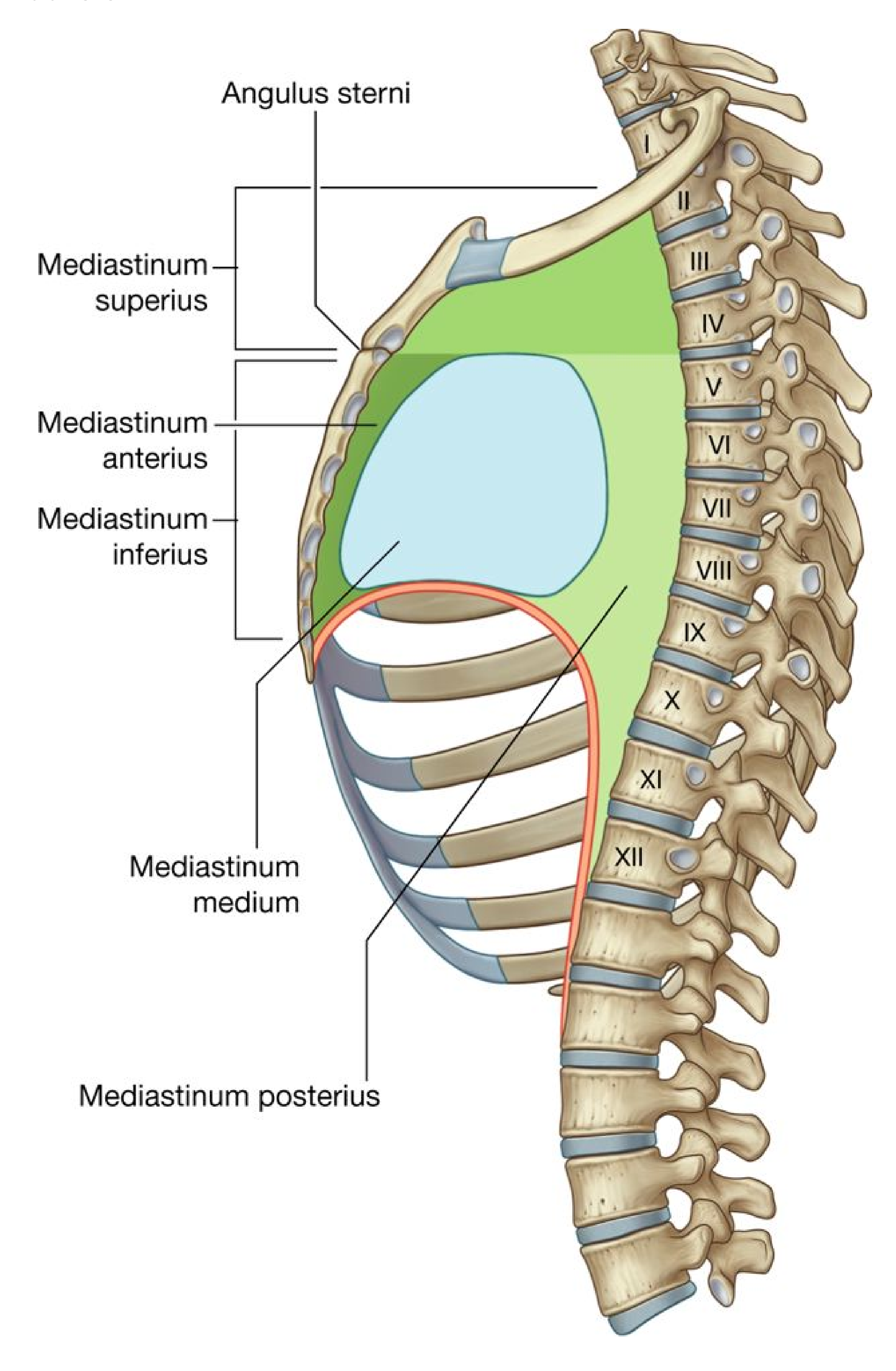
Das **Perikard** ist ein Sack aus derbem Bindewebe, der das Herz und die Wurzeln der großen Gefäße umschließt. Es besteht aus einem bindegewebigen Anteil (**Pericardium fibrosum**) und einem serösen Anteil **(Pericardium serosum;**Abb. 3.53).

Abb. 3.51



Laterale Ansicht des Mediastinums.

Abb. 3.52



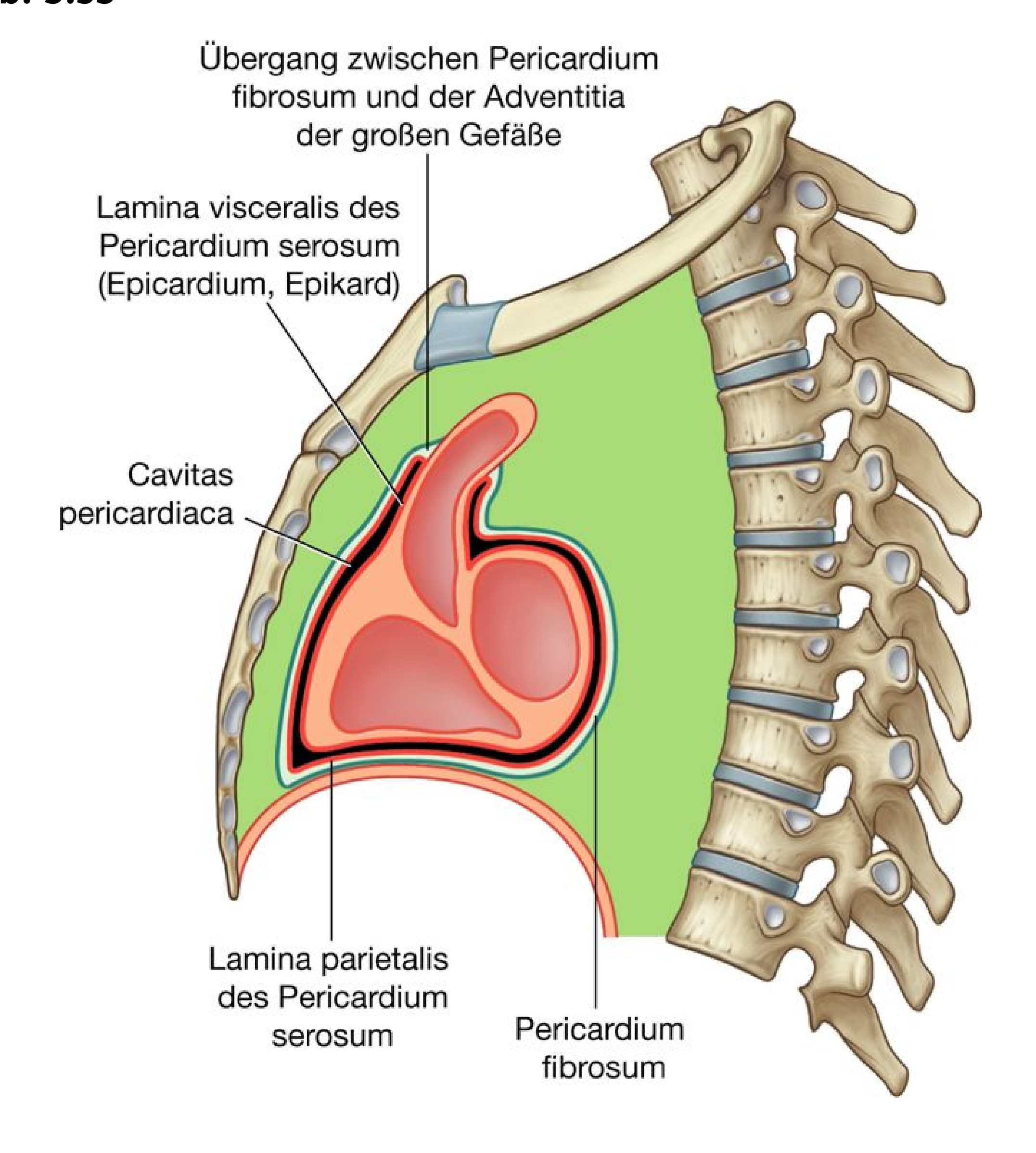
Unterteilung des Mediastinums.

Die Pars fibrosa ist die äußere Schicht aus festem Bindegewebe, die gleichzeitig die Grenzen des mittleren Mediastinums definiert. Die Pars serosa ist eine dünne Schicht, die aus zwei Anteilen besteht:

- Einem parietalen Blatt **(Pericardium parietale, Lamina parietalis)**, das sich an die Pars fibrosa nach innen anschließt
- Einem viszeralen Blatt **(Epikard = Epicardium; Pericardium viscerale, Lamina visceralis)**, das von außen das Herz umkleidet und die äußere Herzschicht bildet.

Im Bereich der großen Gefäßabgänge (an den Gefäßwurzeln) gehen parietales und viszerales Perikard ineinander über. Der dünne Spaltraum zwischen den beiden Blättern ist die Perikardhöhle **(Cavitas pericardiaca)**. In ihr befindet sich eine geringe Menge Flüssigkeit. Der potenzielle Spaltraum der Perikardhöhle erlaubt die relativ starken Bewegungen des Herzens bei der Herzkontraktion.

Abb. 3.53



Sagittalschnitt durch das Perikard.

Pericardium fibrosum

Das **Pericardium fibrosum** ist ein konusförmiger Beutel, dessen Basis dem Zwerchfell aufliegt und dessen Spitze sich in die Adventitia der großen Gefäße fortsetzt (Abb. 3.53). Die Basis ist größtenteils am **Centrum tendineum des Zwerchfells** fixiert; auf der linken Seite sitzt ein kleinerer Teil auch auf dem muskulären Anteil des Diaphragmas. Vorn ist das Pericardium fibrosum über die **Ligamenta sternopericardiaca** an der Rückseite des Sternums fixiert. Die Befestigungen halten das Herz in seiner Position innerhalb des Thorax. Der Herzbeutel limitiert außerdem die Ausdehnung des Herzens.

Die Nervi phrenici, die aus den Nervi spinales C3 – C5 hervorgehen und das Zwerchfell motorisch innervieren, verlaufen auf ihrem Weg durch das Mediastinum am Herzbeutel entlang und innervieren das Pericardium fibrosum sensibel (Abb. 3.54). Ihr Verlauf entlang dem Herzbeutel steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung des Zwerchfells und den Veränderungen, die sich bei der Bildung des Herzbeutels abspielen. Ähnlich sind auch die **Vasa pericardiacophrenica** zu sehen, die mit den Nervi phrenici verlaufen und das Pericardium fibrosum sowie das Zwerchfell mit Blut versorgen.

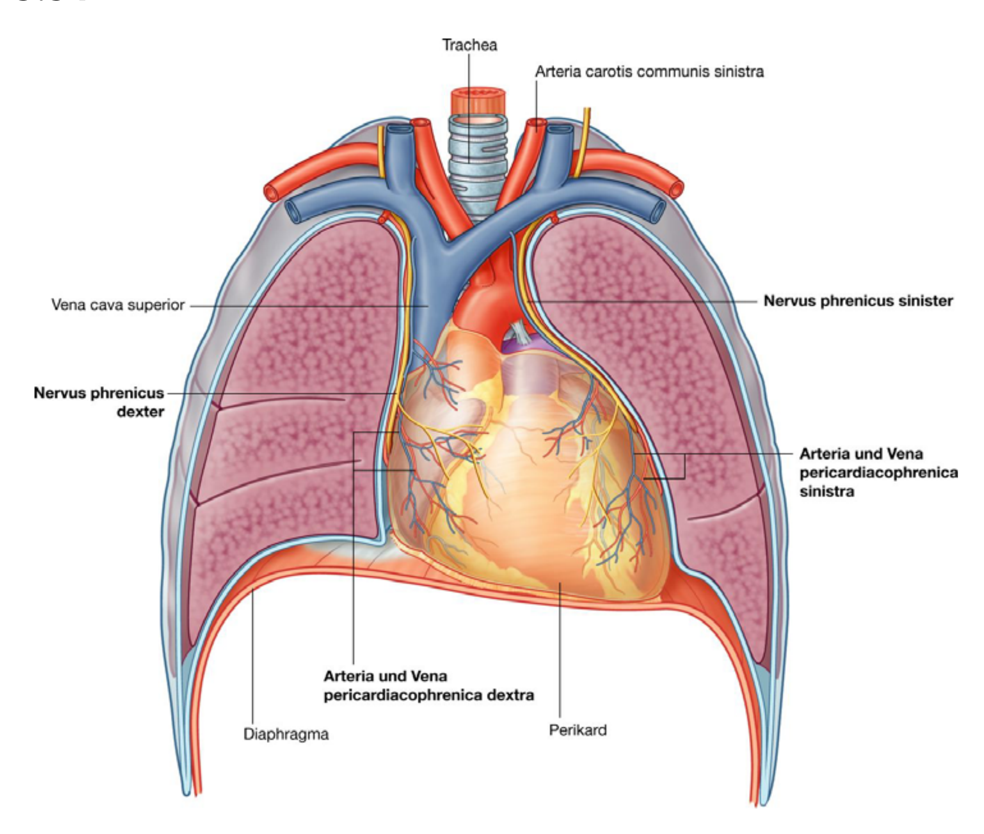
Pericardium serosum

Die Lamina parietalis des Perikards setzt sich auf die Gefäßwurzeln der großen Gefäße fort. Der Umschlag in die Lamina visceralis erfolgt in zwei Bereichen (Abb. 3.55):

158

159

Abb. 3.54



Nervi phrenici und Vasa pericardiacophrenica.

- Einmal oben um die Arterien, die Aorta und den Truncus pulmonalis **(Porta arteriosa)**
- Einmal mehr dorsal um die Venen, die Vena cava superior und inferior sowie die Venae pulmonales **(Porta venosa)**.

Zwischen Porta arteriosa, Porta venosa und dorsaler Perikardwand bildet der Herzbeutel einen Spaltraum, den **Sinus transversus pericardii**. Zwischen Venae pulmonales dextrae und Vena cava inferior liegt als einzige nach hinten unten offene Nische der **Sinus obliquus pericardii**. Er bildet beim liegenden Patienten die tiefste Stelle des Herzbeutels. Ergüsse im Herzbeutel sammeln sich besonders hier an. Der Sinus obliquus pericardii grenzt an den linken Vorhof.

Bei eröffnetem Herzbeutel kann man den Finger durch den Sinus transversus pericardii schieben und so die Arterien von den Venen trennen und dadurch voneinander unterscheiden. Schiebt man die Hand unter die Herzspitze nach kranial, gelangt man in den Sinus obliquus pericardii.

Blutgefäße und Nerven

Das Perikard wird von außen durch Äste aus den Arteriae thoracicae internae, pericardiacophrenicae, musculophrenicae, phrenicae inferiores und aus der Aorta thoracica mit Blut versorgt.

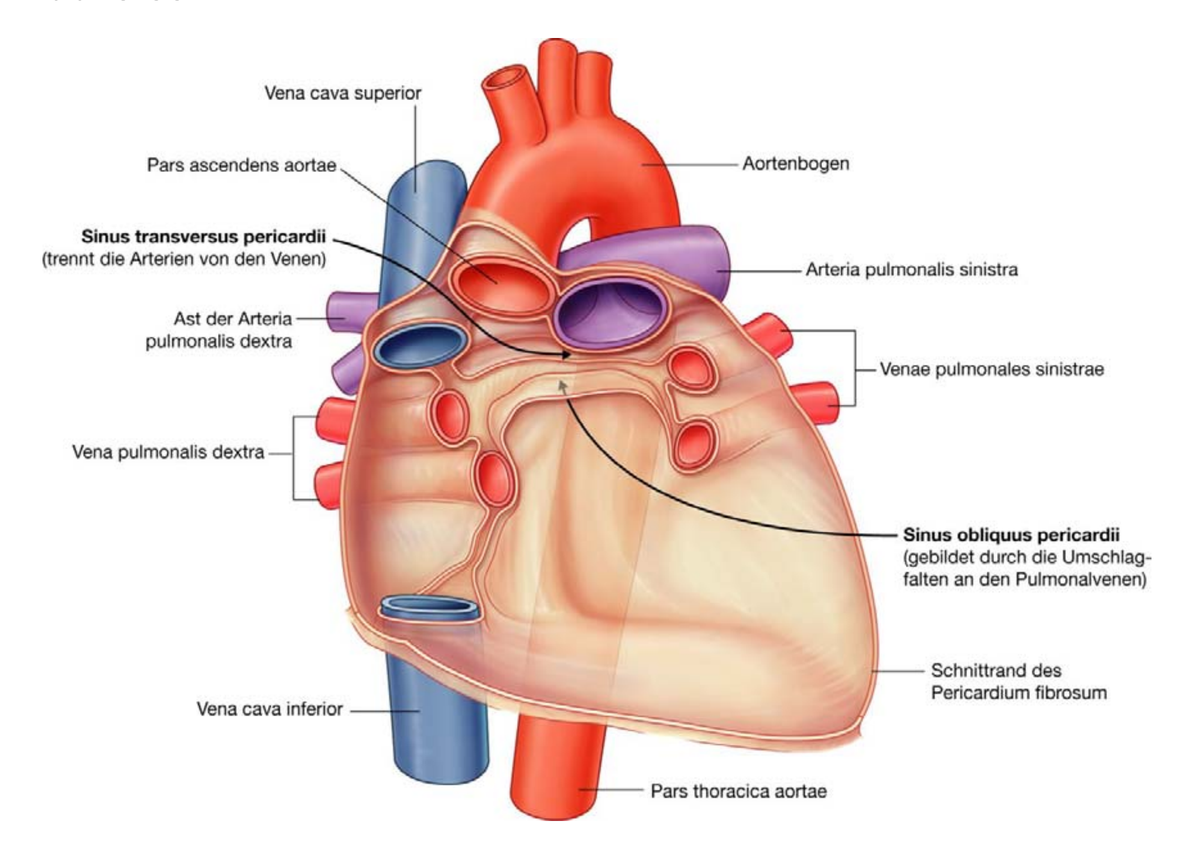
Die entsprechenden Venen drainieren vom Perikard in das Azygos-System sowie in die Venae thoracicae internae und phrenicae inferiores.

Die Nerven zur Innervation des Herzbeutels sind Äste des Nervus vagus [X], der Trunci sympathici und die Nervi phrenici.

Die somatische Sensibilität (Schmerz) der Lamina parietalis der Perikards wird über die Nervi phrenici vermittelt. Alle mit Schmerzen am Herzbeutel einhergehenden Zustände werden daher in die Regio supraclavicularis im Bereich der Schulter geleitet und hier als Schmerz empfunden.

159

Abb. 3.55



Blick von innen auf die Hinterwand des Herzbeutels. Man sieht die Umschlagstellen des Herzbeutels an den großen Gefäßen.

Klinik

Perikarditis

Unter einer Perikarditis versteht man die Entzündung des Perikards. Ursache können virale oder bakterielle Infektionen sein, aber auch systemische Erkrankungen (z. B. eine Niereninsuffizienz) oder Zustand nach einem Herzinfarkt sind mögliche Ursachen.

Eine Perikarditis muss von einem Herzinfarkt abgegrenzt werden, da sich Behandlung und Prognose stark unterscheiden. Ebenso wie beim Herzinfarkt leiden Patienten mit einer Perikarditis an zunehmendem Brustschmerz, der in einen oder beide Arme ausstrahlen kann. Anders als beim Herzinfarkt kommt es bei der Perikarditis aber zu einer Verminderung des Schmerzes, wenn sich der Patient im Sitzen nach vorn beugt. Man fertigt ein Elektrokardiogramm (EKG) an, um zwischen den beiden Krankheitsbildern zu differenzieren.

Klinik

Perikarderguss

Normalerweise befindet sich nur eine geringe Menge Flüssigkeit zwischen dem viszeralen und parietalen Blatt des Pericardium serosum. Unter bestimmten Bedingungen kann es zu einer Ansammlung von Flüssigkeit im Spaltraum kommen (Perikarderguss).

Da das Pericardium fibrosum aus derbem Bindegewebe besteht und sich somit kurzfristig praktisch nicht ausdehnen kann, führt eine rasche exzessive Zunahme der Flüssigkeit im Herzbeutel zu einer Einengung des Herzens (Herzbeuteltamponade) mit der Folge eines biventrikulären Herzversagens. Die Entfernung der Flüssigkeit aus dem Herzbeutel durch Abpunktieren mittels Kanüle kann zur Rückbildung der Symptomatik führen.

160
161

Klinik

Konstriktive Perikarditis

Eine abnorme Verdickung des Herzbeutels (konstriktive Perikarditis; Panzerherz) kann das Herz einengen, die Pumpfunktion behindern und zum Herzversagen führen. Die Diagnose wird durch die Inspektion des Jugularvenenpulses im Bereich des Halses gestellt. Beim Gesunden nimmt der Jugularvenenpuls bei der Inspiration ab. Bei Patienten mit konstriktiver Perikarditis kommt es zum gegenteiligen Effekt, der Puls nimmt bei Inspiration zu. Man spricht vom Kussmaul-Zeichen. Die Therapie besteht in der operativen Eröffnung des Perikardbeutels mit Abtragung der abnormen Verdickungen (Entschwielung).

Herz

Kardiale Orientierung

Form und Lage des Herzens sind mit einer nach vorn gekippten Pyramide vergleichbar, die auf der Seite liegt. In der Brusthöhle liegend, zeigt die Spitze der Pyramide nach vorn links unten; die Basis liegt gegenüber und projiziert sich in dorsaler Richtung (Abb. 3.56). Die Seiten der Pyramide bestehen aus

- der Facies diaphragmatica, auf der die Pyramide auf dem Zwerchfell liegt,
- der Facies sternocostalis, die nach links vorn gerichtet ist,
- der Facies pulmonalis dextra und
- der Facies pulmonalis sinistra.

Herzbasis (Hinterwand) und Herzspitze

Die **Herzbasis** ist viereckig und nach dorsal gerichtet. Sie besteht aus

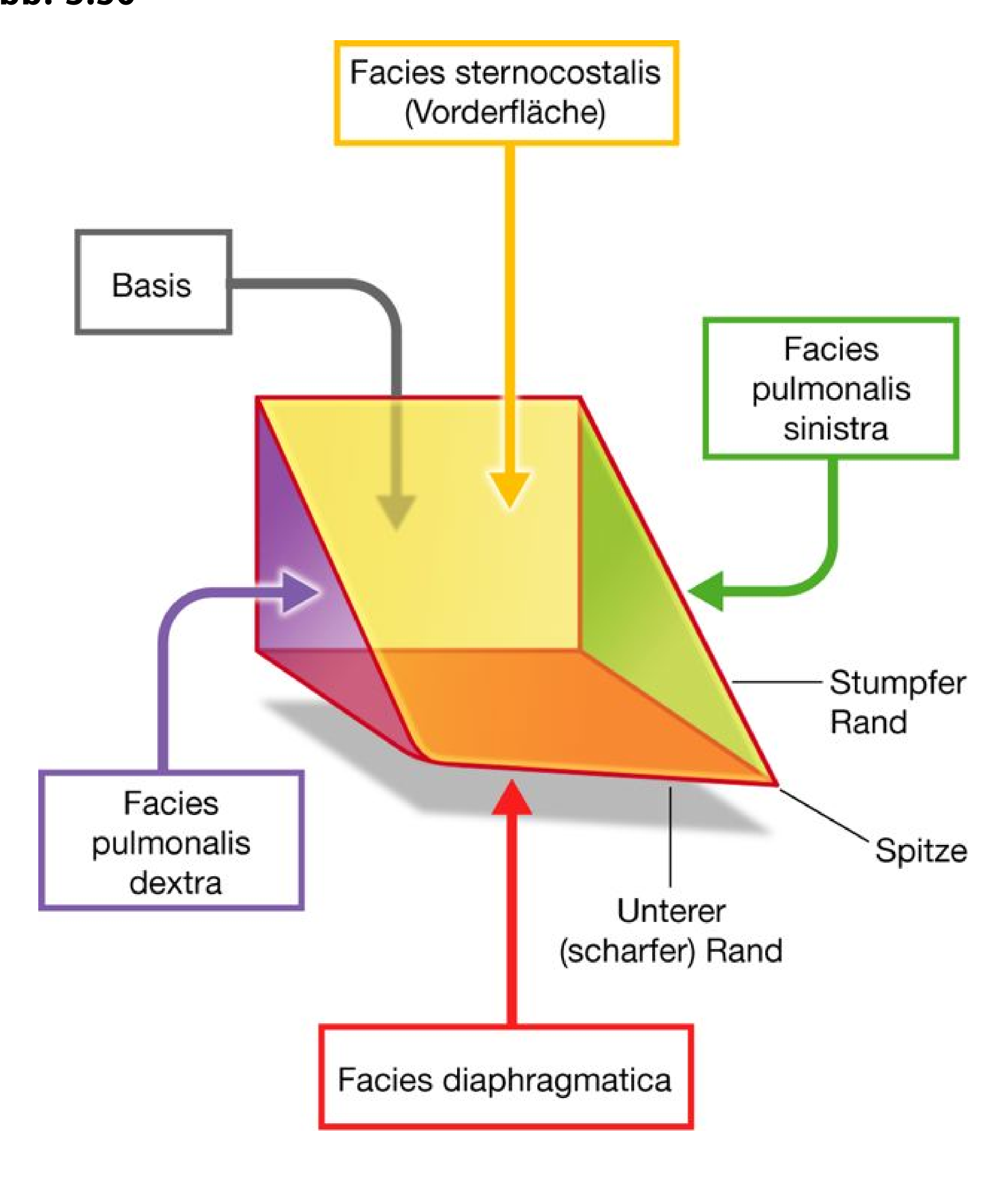
- dem linken Vorhof (Atrium sinistrum),
- einem kleinen Teil des rechten Vorhofs (Atrium dextrum) und

- den proximalen Anteilen der großen Venen (Venae cavae superior und inferior sowie Venae pulmonales; Abb. 3.57).

Da die großen Venen durch die Herzbasis treten – die Venae pulmonales jeweils rechts und links in das Atrium sinistrum und die Venae cavae am oberen und unteren Ende des Atrium dextrum –, ist das Herz hinten am Perikard gegenüber den Wirbelkörpern Th5 bis Th8 (Th6–Th9 im Stehen) fixiert. Der Ösophagus liegt unmittelbar hinter der Herzbasis.

Von der Herzbasis setzt sich das Herz nach vorn unten links bis in die **Herzspitze** fort. Die Herzspitze wird vom unteren lateralen Anteil des linken Ventrikels (Ventriculus sinister) gebildet (Abb. 3.58) und liegt unterhalb des 5. Interkostalraums, 8 – 9 cm von der Linea mediana anterior entfernt.

Abb. 3.56



Schematische Lage des Herzens, die die Orientierung, Oberflächen und Ränder des Herzens zeigt.

Herzoberflächen

Die Vorderfläche des Herzens **(Facies sternocostalis)** besteht größtenteils aus dem rechten Ventrikel mit Anteilen des rechten Vorhofs auf der rechten Seite und Anteilen des linken Ventrikels auf der linken Seite (Abb. 3.58).

In seiner anatomischen Position liegt das Herz auf der **Facies diaphragmatica**, die aus dem linken Ventrikel und geringen Anteilen des rechten Ventrikels besteht. Die Ventrikel werden durch den Sulcus interventricularis posterior voneinander getrennt (Abb. 3.59). Die Facies diaphragmatica liegt auf dem Zwerchfell. Sie wird von der Herzbasis durch den Sinus coronarius getrennt und erstreckt sich von der Herz basis bis zur Herzspitze.

Die **Facies pulmonalis sinistra** ist zur linken Lunge gerichtet. Sie ist breit und konvex und besteht aus dem linken Ventrikel und Anteilen des linken Vorhofs (Abb. 3.59).

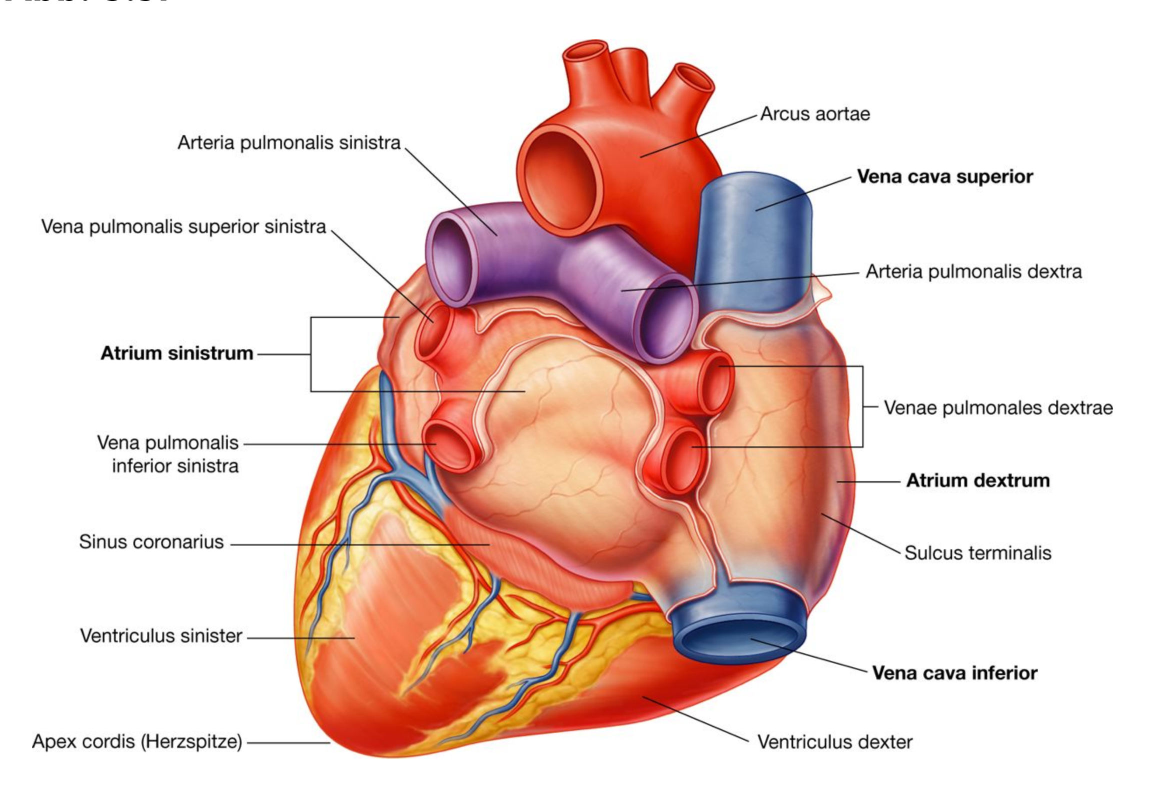
Die **Facies pulmonalis dextra** ist zur rechten Lunge gerichtet. Sie ist ebenfalls breit und konvex und besteht aus dem rechten Vorhof (Abb. 3.59).

Ränder und Grenzen

Einige allgemeine Beschreibungen zur Lage des Herzens anhand des rechten, linken, unteren (scharfkantigen) und stumpfen Randes:

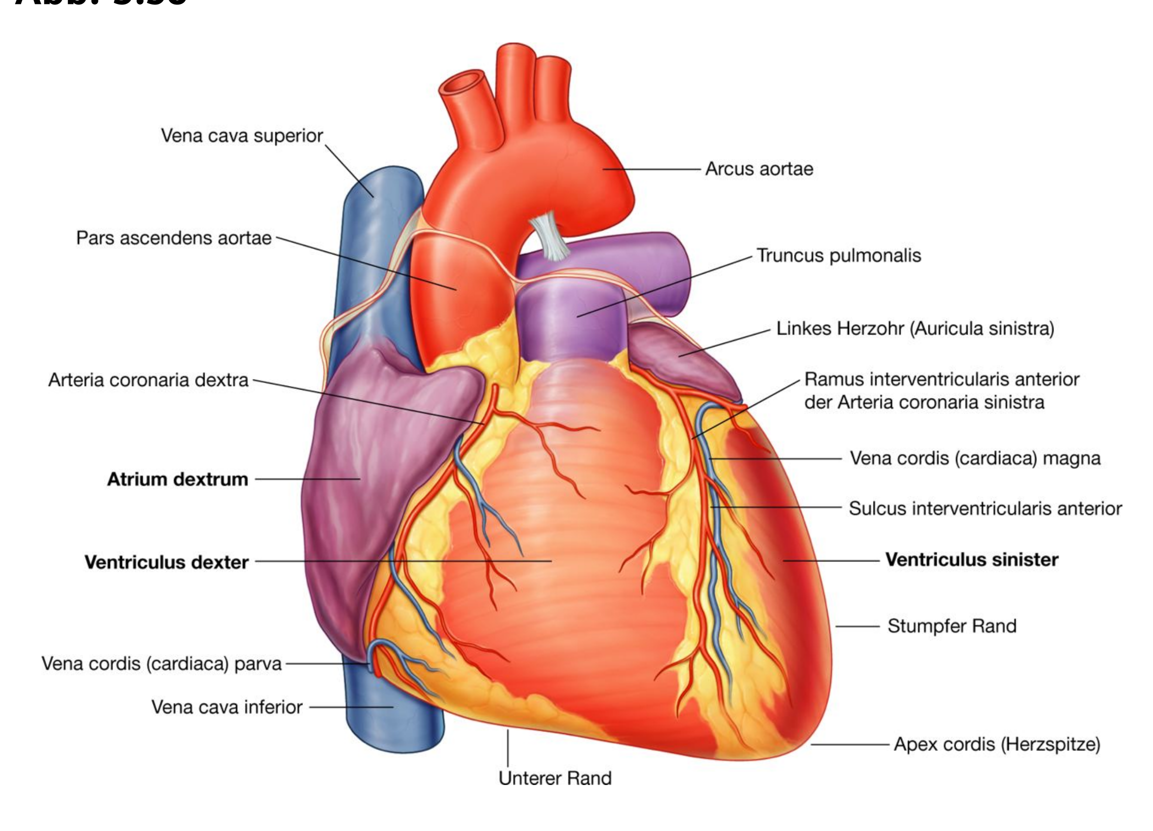
161
162

Abb. 3.57



Herzbasis.

Abb. 3.58

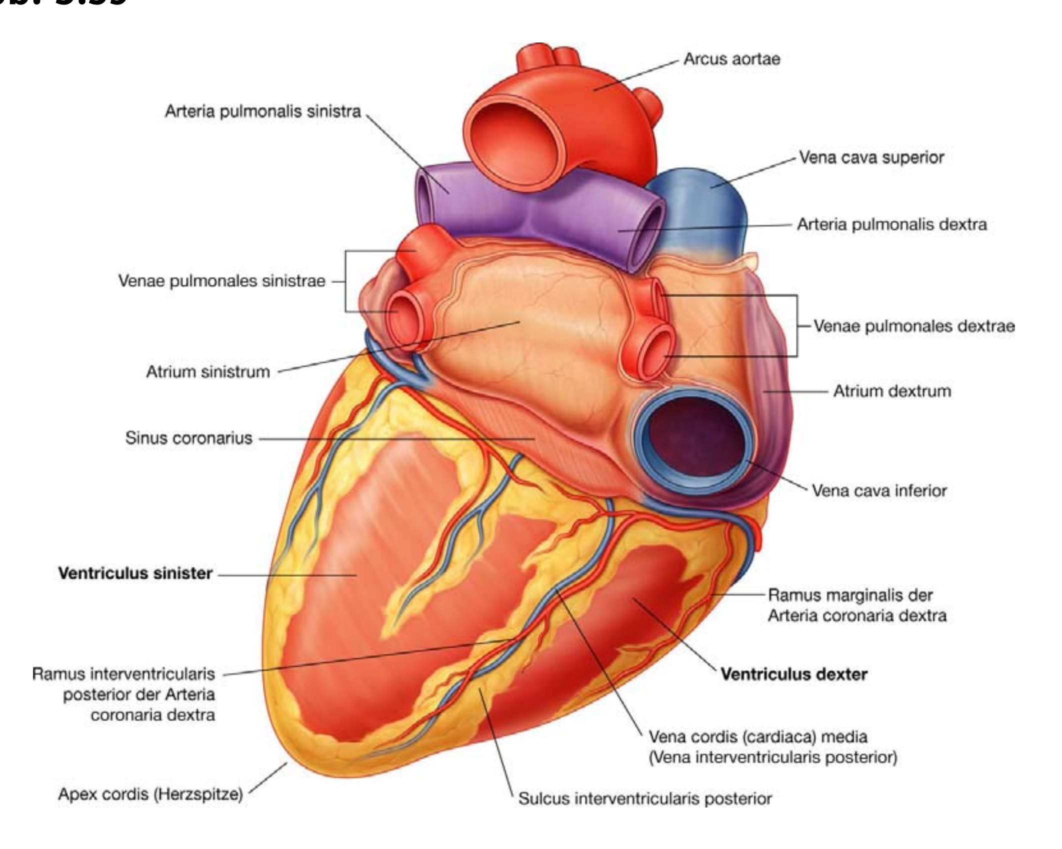


Vorderseite des Herzens.

162

163

Abb. 3.59



Facies diaphragmatica des Herzens.

- Der **rechte** und **linke Rand** entsprechen den Facies pulmonales dextra und sinistra des Herzens.
- Der **Unterrand** (Margo inferior) wird als ein scharfkantiger Rand zwischen Vorder- (Facies sternocostalis) und Unterfläche (Facies diaphragmatica) des Herzens definiert (Abb. 3.56 und 3.58). Er wird größtenteils vom rechten Ventrikel und zu einem kleineren Teil vom linken Ventrikel nahe der Herzspitze (Apex cordis) gebildet.
- Der **stumpfe Rand** bildet die Grenze zwischen der Vorderfläche (Facies sternocostalis) und der linken Seitenfläche (Facies pulmonalis sinistra; Abb. 3.56). Er ist rund und erstreckt sich vom linken Herzohr (Auricula dextra) bis zur Herzspitze (Apex cordis; Abb. 3.58). Er wird größtenteils vom linken Ventrikel und oben von einem kleineren Anteil des linken Herzohrs (Auricula sinistra) gebildet.

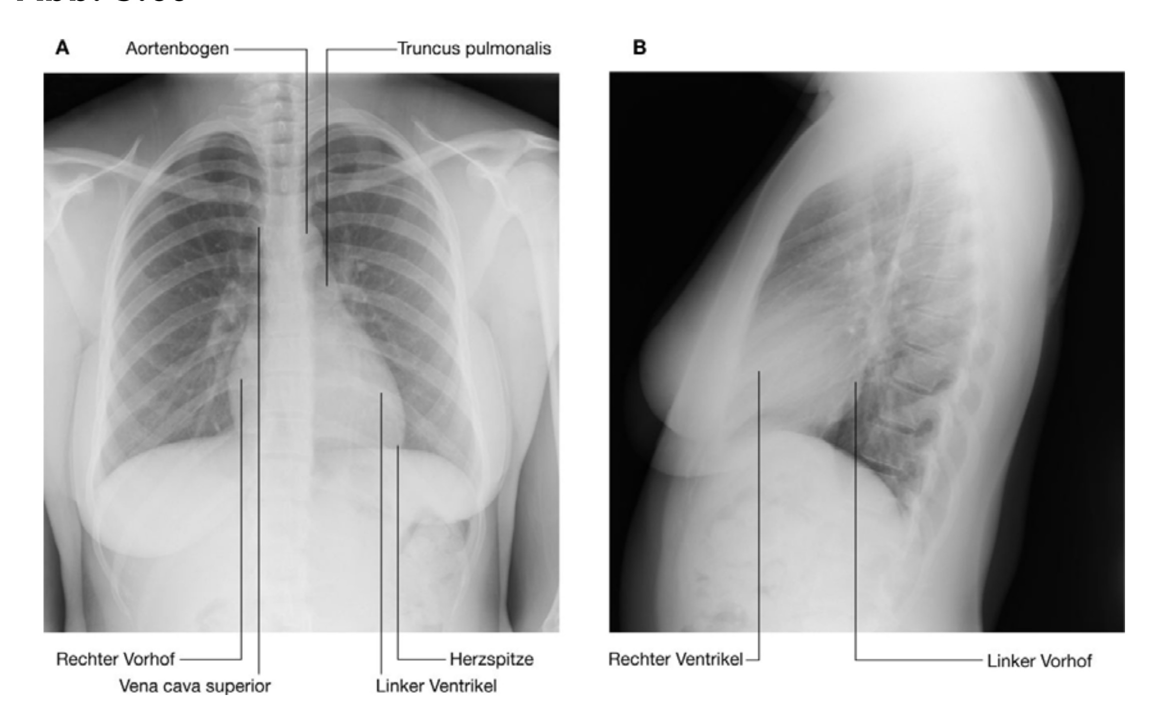
Für die (radiologische) Beurteilung von Thoraxaufnahmen ist die Kenntnis der Lage des Herzens sowie der Strukturen, die die Herzgrenzen bilden, essenziell. Die rechte Herzgrenze besteht im herkömmlichen posterior-anterioren Strahlengang aus der Vena cava superior, dem rechten Vorhof und der Vena cava inferior (Abb. 3.60A). Die linke Herzgrenze besteht bei gleicher Sichtweise oben aus dem Aortenbogen, darunter aus der Arteria pulmonalis sinistra und dem linken Ventrikel. Die untere Grenze besteht aus dem rechten Ventrikel und dem linken Ventrikel mit der Herzspitze. In der Seitenansicht liegt der rechte Ventrikel vorn; der linke Vorhof projiziert sich nach hinten (Abb. 3.60B).

Sulci cordis

Innere Wände teilen das Herz in vier Kammern (in zwei Vorhöfe – Atrium dextrum und Atrium sinistrum – sowie in zwei Ventrikel – Ventriculus dexter und Ventriculus sinister). Aus der Bildung der vier Kammern resultieren an der Herzoberfläche im Grenzbereich Vertiefungen, die als Sulci bezeichnet werden.

- Der **Sulcus coronarius** verläuft um das Herz herum; er liegt an der Grenze zwischen den Vorhöfen und den Ventrikeln (Abb. 3.61). Im Sulcus coronarius 163 liegen an der Herzoberfläche 164 die Arteria coronaria dextra, die Vena cordis (cardiaca) parva, der Sinus coronarius und der Ramus circumflexus der Arteria coronaria sinistra.
- Der **Sulcus inverventricularis anterior** und der **Sulcus interventricularis posterior** liegen jeweils an der Grenze zwischen den beiden Ventrikeln. Der Sulcus interventricularis anterior liegt auf der Vorderseite (Facies sternocostalis) des Herzens, in ihm verlaufen die Arteria interventricularis anterior und die Vena cordis (cardiaca) magna. Der Sulcus interventricularis posterior befindet sich an der Facies diaphragmatica des Herzens; in ihm verlaufen die Arteria interventricularis posterior und die Vena cordis (cardiaca) media.

Abb. 3.60



Röntgen-Thorax. **A**. Klassischer posterior-anteriorer Strahlengang durch die Brust. **B**. Klassische Seitenaufnahme des Herzens.

Die beiden Sulci gehen rechts neben der Herzspitze ineinander über.

Herzkammern

Funktionell besteht das Herz aus zwei separaten „Pumpen“, die durch eine Wand voneinander getrennt sind (Abb. 3.62A). Die rechte Pumpe erhält sauerstoffarmes (desoxygeniertes) Blut aus dem Körperkreislauf und pumpt es in die Lungen. Die linke Pumpe erhält sauerstoffreiches (oxygeniertes) Blut aus den Lungen und pumpt es in den Körper. Jede Pumpe besteht aus einem Vorhof (Atrium) und einem Ventrikel (Ventriculus), die durch eine Herzklappe (Valva) voneinander getrennt sind.

Die dünnwandigen Vorhöfe nehmen das Blut auf, das zum Herzen geführt wird; die dickwandigen Ventrikel pumpen das Blut im Gegensatz dazu aus dem Herz heraus.

Um Blut in den Körperkreislauf zu pumpen, ist ein wesentlich höherer Kraftaufwand nötig als dazu, Blut in die Lungen zu pumpen. Aus diesem Grund ist die Muskulatur des linken Ventrikels kräftiger als die des rechten Ventrikels.

Interatriale, interventrikuläre und atrioventrikuläre Septen unterteilen das Herz in seine vier Kammern (Abb. 3.62B). Die innere Struktur jeder Kammer ist für deren Funktion entscheidend.

Rechter Vorhof (Atrium dextrum)

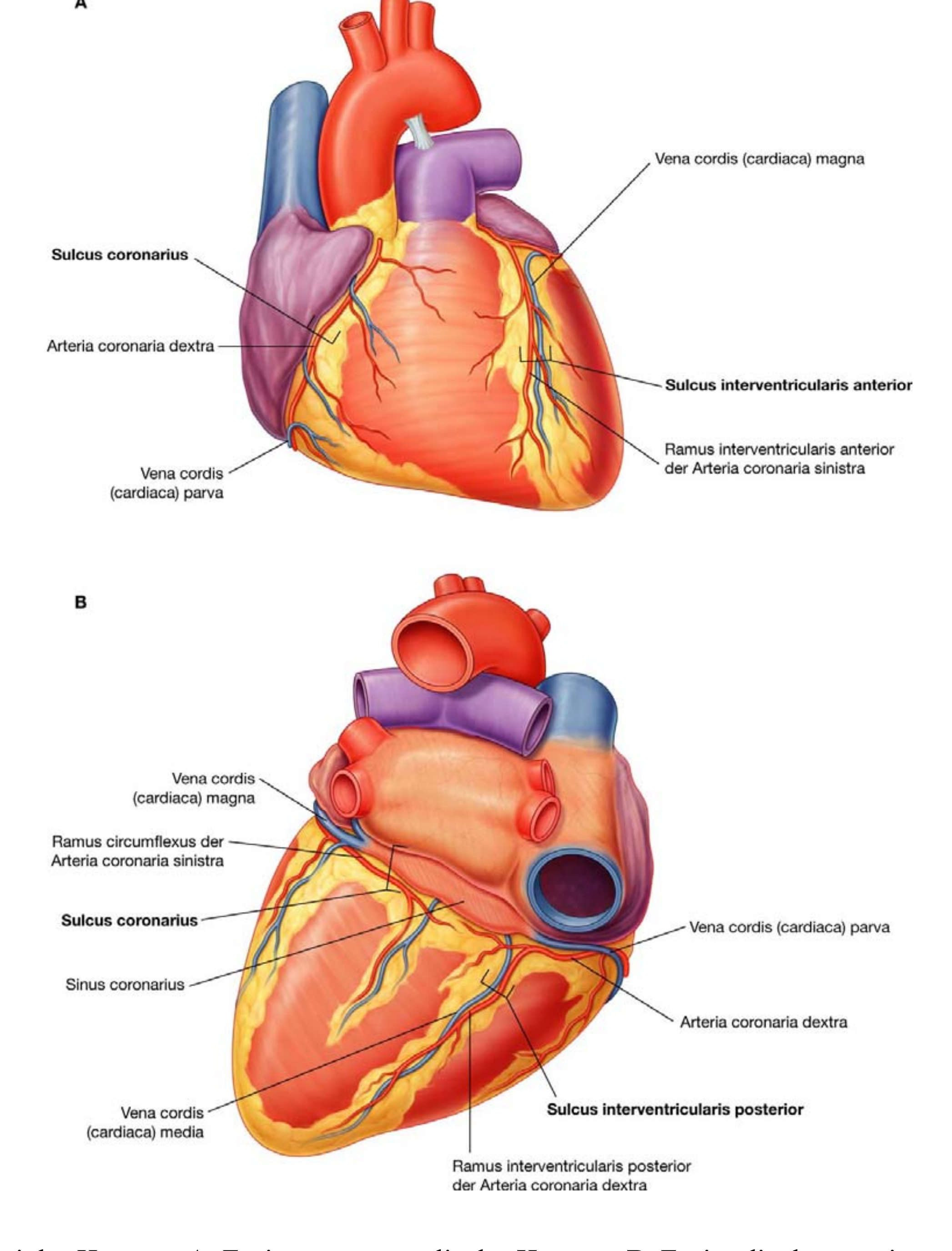
In anatomischer Lage wird die rechte Herzgrenze vom rechten Vorhof gebildet. Der rechte Vorhof ist darüber hinaus am rechten Anteil der Facies sternocostalis der Herzoberfläche beteiligt.

Blut, das in den rechten Vorhof strömt, wird über eines der drei folgenden Gefäße dem Vorhof zugeführt:

164

165

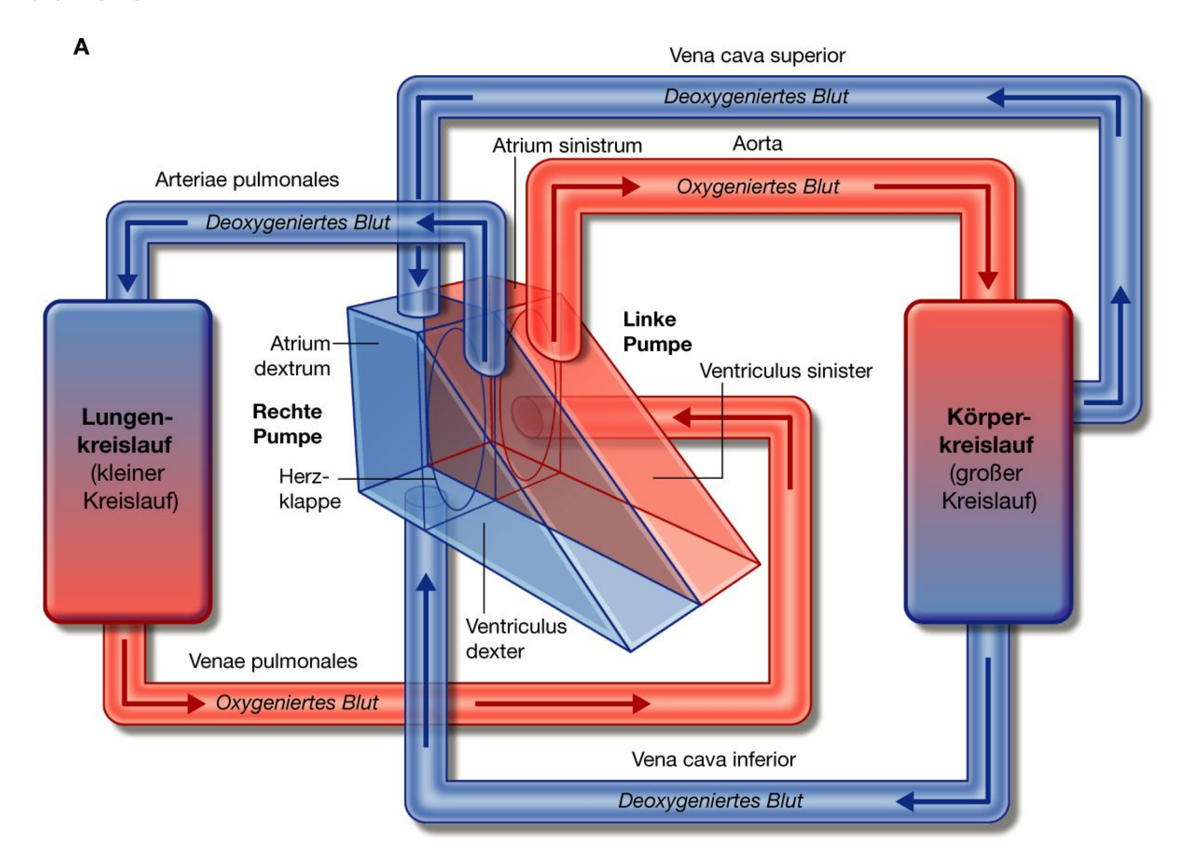
Abb. 3.61

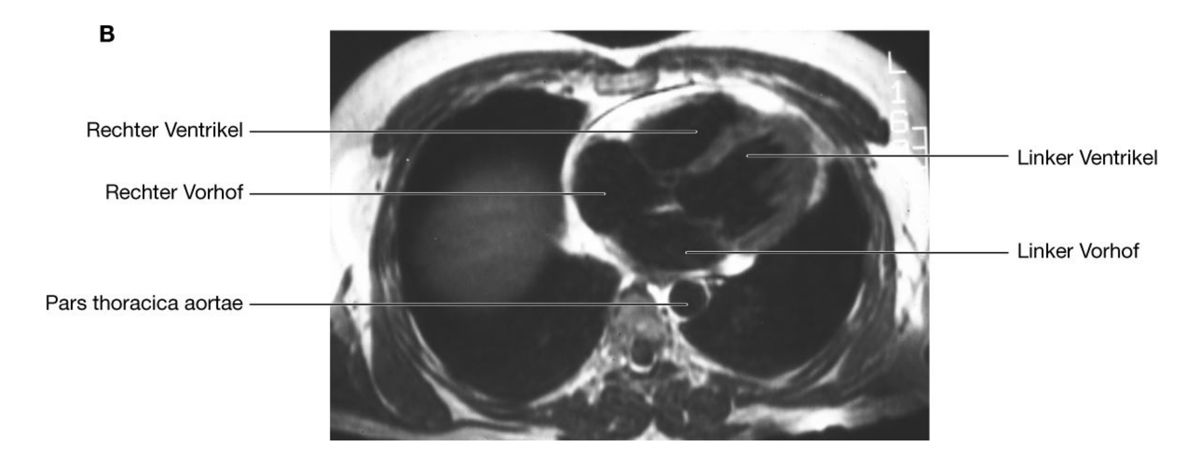


Sulci des Herzens. **A**. Facies sternocostalis des Herzens. **B**. Facies diaphragmatica und Herzbasis.

165

Abb. 3.62





A. Das Herz besteht aus zwei Pumpen. **B**. Magnetresonanztomographie durch den Thorax mit Darstellung der vier Herzkammern.

- Über die Venae cavae superior und inferior, die dem Herz Blut aus dem großen Körperkreislauf zuführen.
- Über den Sinus coronarius, der sauerstoffarmes Blut aus der Eigenblutversorgung des Herzens in den rechten Vorhof führt.

Die Vena cava superior tritt in den oberen hinteren Anteil des rechten Vorhofs ein; die Vena cava inferior und der Sinus coronarius münden im hinteren unteren Anteil des rechten Vorhofs.

Vom rechten Vorhof gelangt das Blut durch die rechte atrioventrikuläre Öffnung **(Ostium atrioventriculare dextrum)** in den rechten Ventrikel. Diese Öffnung ist nach vorn und medial gerichtet und wird während der Herzkontraktion durch die Trikuspidalklappe (Valva atrioventricularis dextra; Valva tricuspidalis) verschlossen.

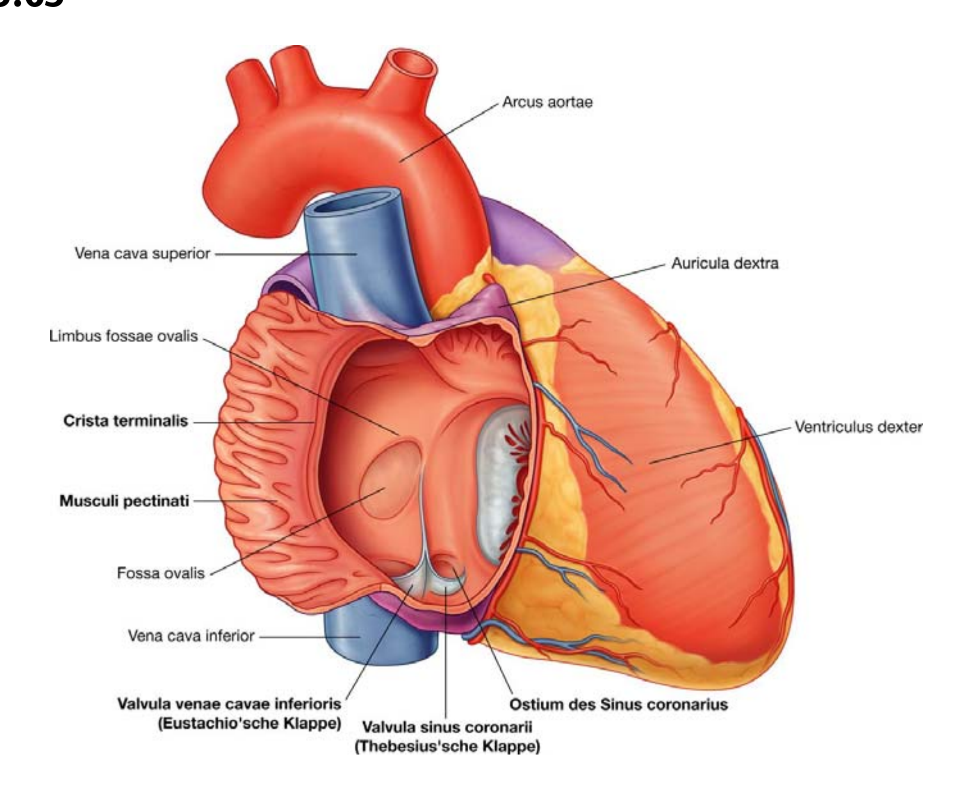
Das Innere des rechten Vorhofs kann in zwei ineinander übergehende Räume unterteilt werden. Von außen erkennt man die Unterteilung durch eine leichte vertikal verlaufende Vertiefung **(Sulcus terminalis cordis)**, die sich auf der rechten Seite im Bereich der Öffnung der Vena cava superior bis in den Mündungsbereich der Vena cava inferior erstreckt. Auf der Innenseite liegt im Bereich der Unterteilung die **Crista terminalis** (Abb. 3.63) als glatter muskulärer Wulst, der vom Dach des Vorhofs kurz vor der Einmündung der Vena cava superior beginnt und entlang der lateralen Wand bis zum vorderen Randbereich der Vena cava absteigt.

166
167

Der hinten gelegene Raum ist der **Sinus venarum cavarum**. Er ist embryologisch aus dem rechten Horn des Sinus venosus hervorgegangen. Beide Venae cavae münden in diesen Raum ein, der dünne, glatte Wände besitzt.

Der vorn gelegene Raum, zu dem auch das **rechte Herzohr (Auricula dextra)** gehört, wird häufig als der eigentliche Vorhof angesehen, da der vorn gelegene Raum embryologisch aus dem primitiven Vorhof hervorgegangen ist. Seine Wände werden von Muskelwüsten gebildet, die als **Musculi pectinati** bezeichnet werden. Die Muskelwülste setzten sich in das rechte Herzohr fort, das sich konusförmig nach außen vorstülpt und von außen an die Aorta ascendens legt.

Abb. 3.63



Blick in den rechten Vorhof, die Vorhofwand ist nach rechts aufgeklappt.

Eine weitere Öffnung in den rechten Vorhof ist der **Sinus coronarius**, der das Blut von den meisten Herzvenen aufnimmt und medial der **Öffnung der Vena cava inferior** mündet. Im Bereich der Öffnungen kommen kleine Gewebefalten vor, die sich embryologisch vom Sinus venosus ableiten (**Valvula sinus coronarii** = Thebesius-Klappe und **Valvula venae cavae inferioris** = Eustachio-Klappe). Im Embryonalkreislauf hilft die Valvula venae cavae inferioris, über den Körperkreislauf zum Herzen kommendes sauerstoffreiches Blut durch das Foramen ovale in den linken Herzvorhof zu leiten.

Das **Septum interatriale** trennt den rechten vom linken Vorhof. Da der linke Vorhof hinten links lokalisiert ist, liegt das Septum interatriale vorn rechts vom linken Vorhof. Unmittelbar oberhalb der Einmündung der Vena cava inferior erkennt man eine Einsenkung im Septum, die **Fossa ovalis**. Sie besitzt einen prominenten Rand, den **Limbus fossae ovalis**.

Die Fossa ovalis markiert die ehemalige Öffnung des **Foramen ovale**, einen der drei Kurzschlüsse im embryonalen Kreislauf. Das Foramen ovale erlaubt den direkten Übertritt von sauerstoffreichem Blut in den linken Vorhof. Das Blut gelangt zunächst über die Vena cava inferior in den rechten Vorhof und wird über das Foramen ovale jetzt direkt in den linken Vorhof geleitet, ohne vorher durch den Lungenkreislauf fließen zu müssen, der vor der Geburt noch nicht funktionstüchtig ist.

167
168

Schließlich münden zahlreiche kleine Öffnungen – die Einmündungen der **Venae cardiacae cordis minimae** (Thebesius-Venen) – in der Wand des rechten Vorhofs ein. Es handelt sich dabei um kleine Venen, die Blut direkt aus dem Myokard in den rechten Vorhof befördern.

Rechter Ventrikel (Ventriculus dexter)

In anatomischer Lage nimmt der rechte Ventrikel den größten Teil der Facies sternocostalis sowie einen Teil der Facies diaphragmatica ein. Der rechte Vorhof liegt rechts vom rechten Ventrikel, und der rechte Ventrikel ist vor dem und links vom Ostium atrioventriculare dextrum lokalisiert. Blut, das aus dem rechten Vorhof in den rechten Ventrikel strömt, wird in einer nahezu horizontalen Ebene nach links vorn gepumpt.

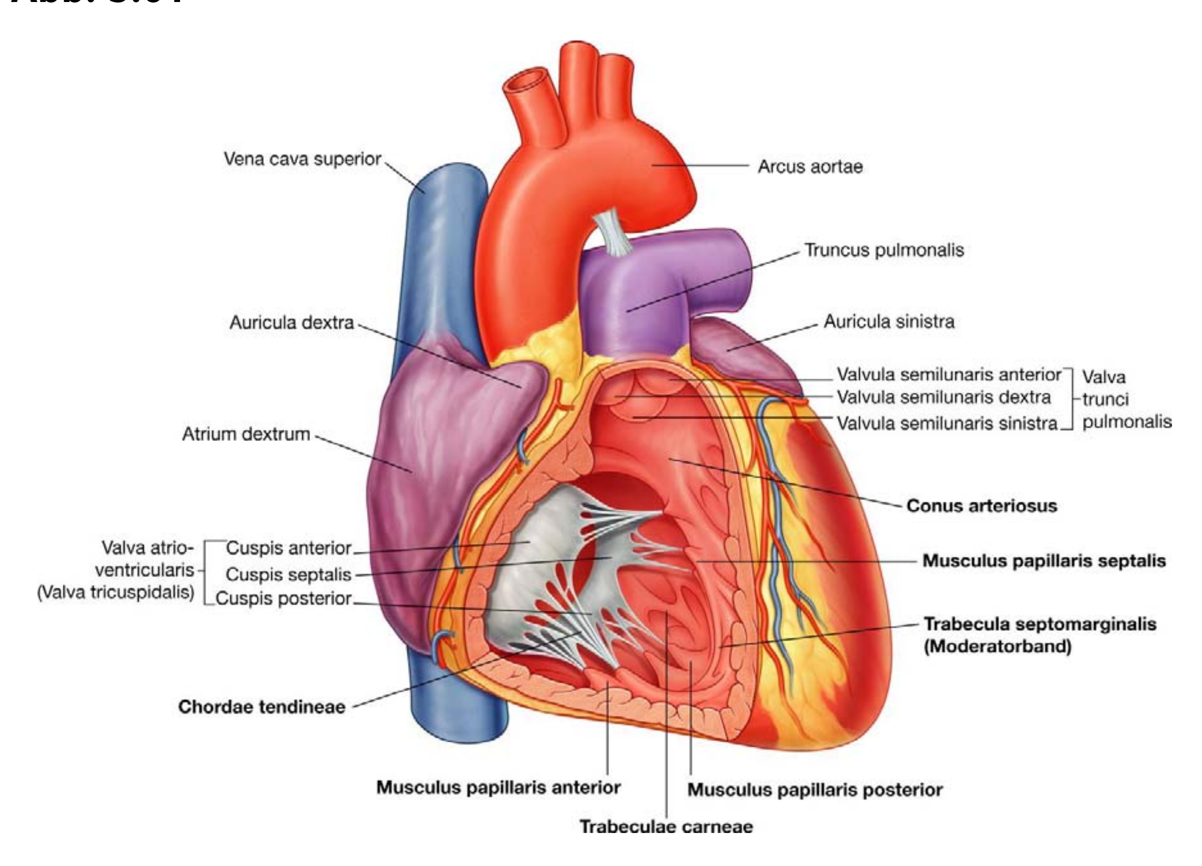
Der **Conus arteriosus (Infundibulum)** bildet die Ausflussbahn aus dem rechten Ventrikel in den Truncus pulmonalis. Dieser Bereich hat glatte Wände und entwickelt sich embryologisch aus dem Bulbus cordis.

Die Wände der Einflussbahn in den rechten Ventrikel bestehen aus einem Netzwerk von irregulären Muskeln, die als **Trabeculae carneae** bezeichnet werden (Abb. 3.64). Die meisten Trabekel spannen sich entweder entlang der Ventrikelwand aus und bilden Wülste, oder sie sind an zwei Enden des Ventrikels befestigt und bilden Brücken.

Einige wenige Trabeculae carneae **(Musculi papillares; Papillarmuskeln)** sind nur an einer Seite mit der Ventrikelwand verbunden. An ihrem anderen Ende gehen sie in Sehnen **(Chordae tendineae)** über, die an den freien Rändern der drei Segel der Trikuspidalklappe inserieren.

Normalerweise befinden sich im rechten Ventrikel drei Papillarmuskeln. Entsprechend ihrem Ursprung an der Ventrikelinnenwand werden sie als vorderer, hinterer und septaler Papillarmuskel bezeichnet:

Abb. 3.64



Innenansicht des rechten Ventrikels.

- Der **Musculus papillaris anterior** ist der größte und konstanteste Papillarmuskel. Er kommt von der Vorderwand des rechten Ventrikels.
- Der **Musculus papillaris posterior** kann aus einem, zwei oder drei Teilen bestehen. In seiner Umgebung entspringen oftmals einige Chordae tendineae direkt von der Ventrikelwand. 168 169
- Der **Musculus papillaris septalis** ist der inkonstanteste Papillarmuskel des rechten Ventrikels. Er kann sehr klein sein oder sogar ganz fehlen. Dann entspringen die Chordae tendineae direkt von der Wand des Septum interventriculare.

Eine einzelne spezialisierte Muskeltrabekel, die **Trabecula septomarginalis (Moderatorband)**, bildet eine Brücke zwischen dem unteren Anteil des **Septum interventriculare** und der Basis des Musculus papillaris anterior. Die Trabecula septomarginalis enthält den rechten Schenkel des herzeigenen Reizleitungssystems zur Vorderwand des rechten Ventrikels.

Trikuspidalklappe (Valva tricuspidalis)

Das rechte Ostium atrioventriculare wird während der Kontraktion der Ventrikel durch die **Trikuspidalklappe (Valva tricuspidalis, Valva atrioventricularis dextra)** verschlossen. Die Klappe wird aufgrund ihrer drei Segel so genannt (Abb. 3.64). Die Basis jedes Segels ist an einem bindegewebigen Ring befestigt, der in das Ostium atrioventriculare eingelassen ist. Der Bindegewebsring ermöglicht den Erhalt der Klappenform. Die Segel liegen im Basisrandbereich kontinuierlich aneinander. Diese Stellen werden als **Kommissuren** bezeichnet.

Die Namensgebung der drei Segel, **Cuspides anterior, septalis** und **posterior**, beruht auf ihrer relativen Position im rechten Ventrikel. Die freien Ränder der Segel sind über Chordae tendineae an den Spitzen der Papillarmuskeln befestigt.

Während der Füllungsphase des rechten Ventrikels ist die Trikuspidalklappe offen; die Segel ragen zu diesem Zeitpunkt in den rechten Ventrikel.

Ohne einen Kompensationsmechanismus würde es bei der Ventrikelkontraktion zu einem Umschlagen der Segel in Richtung Vorhof kommen, und das Blut würde zurück in den rechten Vorhof gepresst. Durch die Kontraktion der Papillarmuskeln und die daran über die Chordae tendineae befestigten Segel wird das Umschlagen der Segel in den rechten Vorhof aber verhindert.

Die Papillarmuskeln und Chordae tendineae sorgen somit für einen Verschluss der Segel der Trikuspidalklappe während der dramatischen Veränderungen, die der Ventrikel im Rahmen der Herzkontraktion durchmacht.

Als zusätzliche Sicherung inserieren an jedem Segel Chordae tendineae von zwei verschiedenen Papillarmuskeln. Dies wirkt einer Trennung der Segel während der Ventrikelkontraktion entgegen. Der genaue Verschluss der Trikuspidalklappe sorgt dafür, dass das Blut den rechten Ventrikel in Richtung Truncus pulmonalis verlässt.

Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis)

An seiner trichterförmigen Spitze wird der rechte Ventrikel im Bereich seiner Ausflussbahn am Übergang in den Truncus pulmonalis von der **Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis)** verschlossen (Abb. 3.64). Die Pulmonalklappe besteht aus drei **halbmondförmigen Segeln (Cuspides semilunares)**, die mit ihren freien Rändern in das Lumen des Truncus pulmonalis ragen. Der freie obere Rand jedes Segels hat einen mittleren verdickten Anteil, ein **Knötchen (Nodulus valvulae semilunaris**, Nodulus Morgagni), und rechts und links davon dünne laterale Fortsätze **(Lunulae valvularum semilunarium;**Abb. 3.65).

Die Segel werden entsprechend ihrer fetalen Lage, bevor die Rotation der Ausflussbahn aus dem rechten Ventrikel abgeschlossen ist, als **linkes, rechtes** und **vorderes Semilunarsegel (Valvulae semilunares sinistra, dextra** und **anterior)** bezeichnet. Jedes Segel bildet eine

taschenartige Vertiefung (Abb. 3.65) – eine Erweiterung in der Wand des Anfangsteils des Truncus pulmonalis. Deshalb spricht man von „Taschenklappen“. Nach der Ventrikelkontraktion kommt es im Rahmen der Ventrikelerschlaffung zu einem Rückstrom von Blut im Truncus pulmonalis. Dieses Blut fließt in die taschenartigen Vertiefungen **(Sinus pulmonales)** der Semilunarsegel und führt somit zum Verschluss der Pulmonalklappe. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Blut in den rechten Ventrikel zurückfließen kann.

Linker Vorhof (Atrium sinistrum)

Der **linke Vorhof** nimmt den größten Teil der Basis oder der hinteren Herzoberfläche ein.

Genau wie der rechte Vorhof ist der linke Vorhof embryologisch aus zwei Strukturen hervorgegangen:

Abb. 3.65

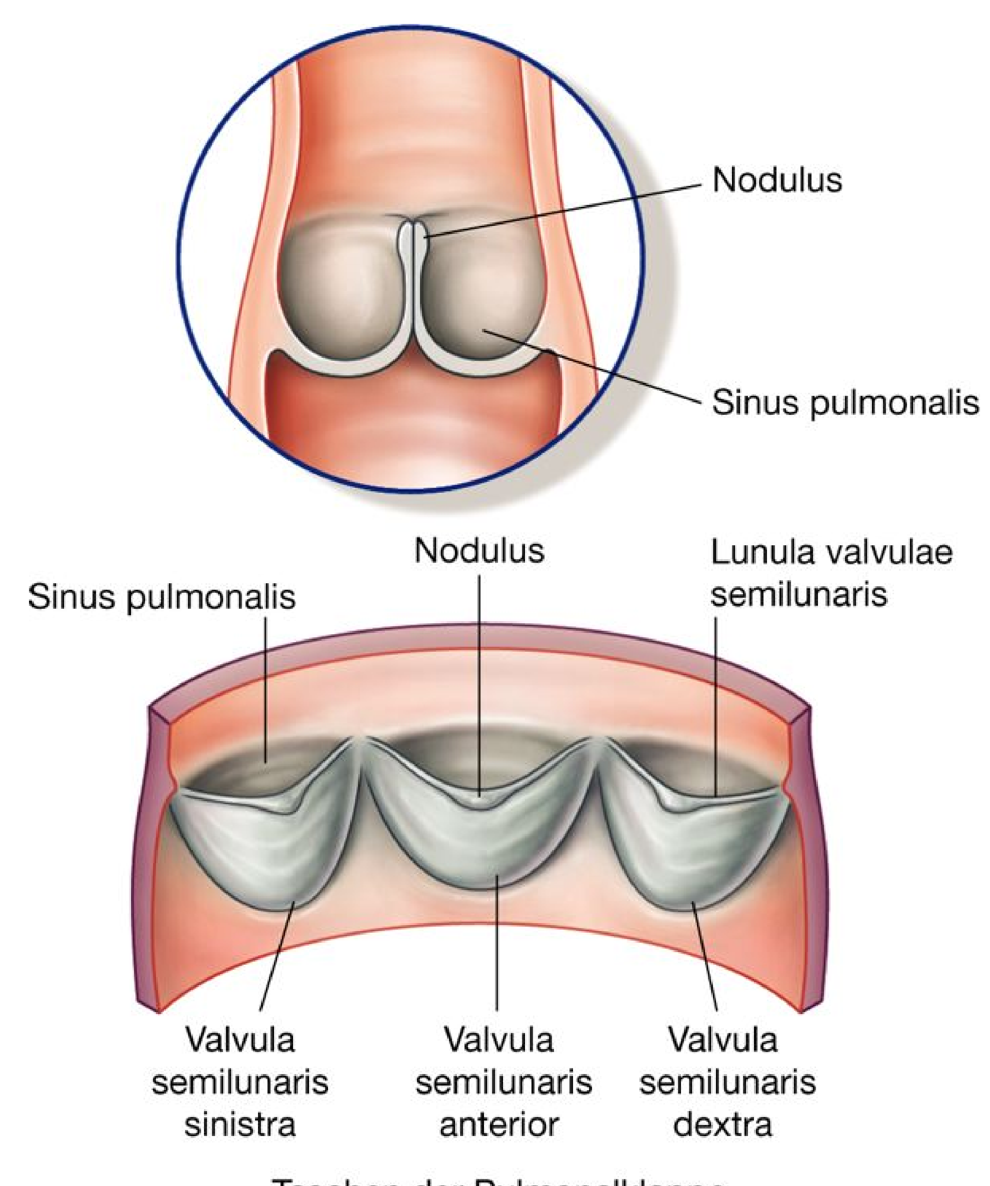
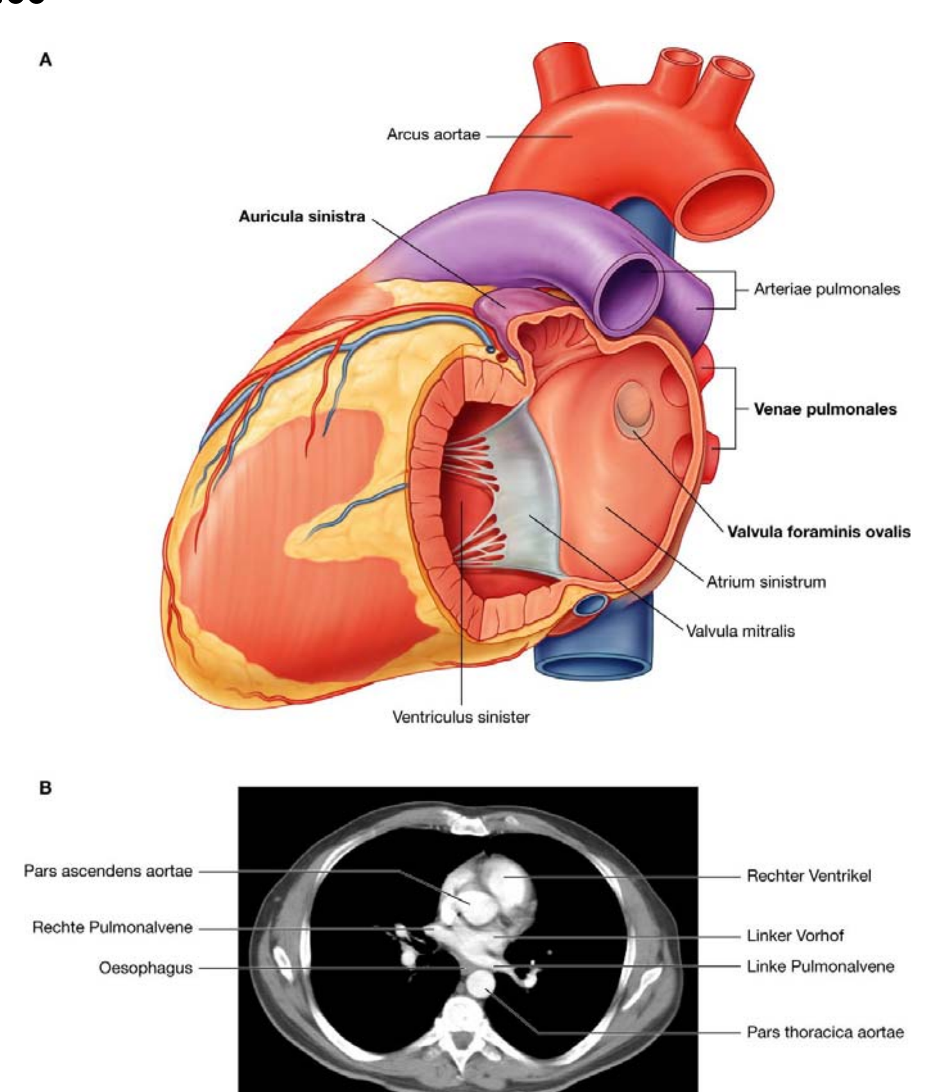


Abb. 3.65 Ansicht von hinten auf die Pulmonalklappe.

- Die hintere Hälfte oder die Einstrombahn in den linken Vorhof enthält die Mündung der vier Pulmonalvenen (Abb. 3.66). Sie hat glatte Wände und entsteht aus den proximalen Anteilen der Pulmonalvenen, die in den linken Vorhof während der Entwicklung integriert sind.
- Die vordere Hälfte geht kontinuierlich in das linke Herzohr (Auricula sinistra) über. Sie enthält Musculi pectinati und entwickelt sich embryologisch aus dem primitiven Vorhof. Anders als im rechten Vorhof gibt es im linken Vorhof keine Strukturen, die die beiden Vorhofhälften voneinander abgrenzen.

Das Vorhofseptum (Septum interatriale) ist Teil der Vorderwand des linken Vorhofs. Der dünne Bereich oder die Vertiefung im Vorhofseptum ist die Klappe (Membran), die das ehemalige Foramen ovale verschließt. Sie liegt genau auf der gegenüberliegenden Seite der Fossa ovalis des rechten Vorhofs im Vorhofseptum.

Abb. 3.66



Linker Vorhof. **A**. Blick in den Vorhof. **B**. Axiale Computertomographie auf Höhe der Pulmonalvenen, die in den linken Vorhof eintreten.

Im embryonalen Kreislauf verhindert die **Klappe (Membran) des Foramen ovale (Valvula foraminis ovalis, Falx septi)** den Rückfluss von Blut aus dem linken in den rechten Vorhof. Die Klappe (Membran) muss beim Erwachsenen nicht zwangsläufig komplett verschlossen sein, sondern es kann eine mondsichelartige Öffnung zwischen dem rechten und linken Vorhof bestehen. Meist ist dies ohne klinische Konsequenz. Funktionelle Störungen treten erst ab einer bestimmten Größe der Öffnung auf.

Linker Ventrikel (Ventriculus sinister)

Der linke Ventrikel liegt vor dem linken Vorhof. Er bildet Teile der Facies anterior, Facies diaphragmatica und der der linken Lunge zugewandten Herzoberfläche. Darüber hinaus bildet er die Herzspitze (Apex cordis).

Blut tritt über die **linke Atrioventrikularöffnung (Ostium atrioventriculare sinistrum)** in den Ventrikel ein und fließt nach vorn gerichtet herzspitzenwärts. Die Ventrikelkammer ist konisch, länger als der rechte Ventrikel und hat die dickste **Myokardschicht (Myocardium)**. Die Ausflussbahn, der sog. **Aortenvorhof (Vestibulum aortae)** liegt hinter dem Infundibulum (Trichter) des rechten Ventrikels, hat glatte Wände und ist embryologisch aus dem Bulbus cordis hervorgegangen.

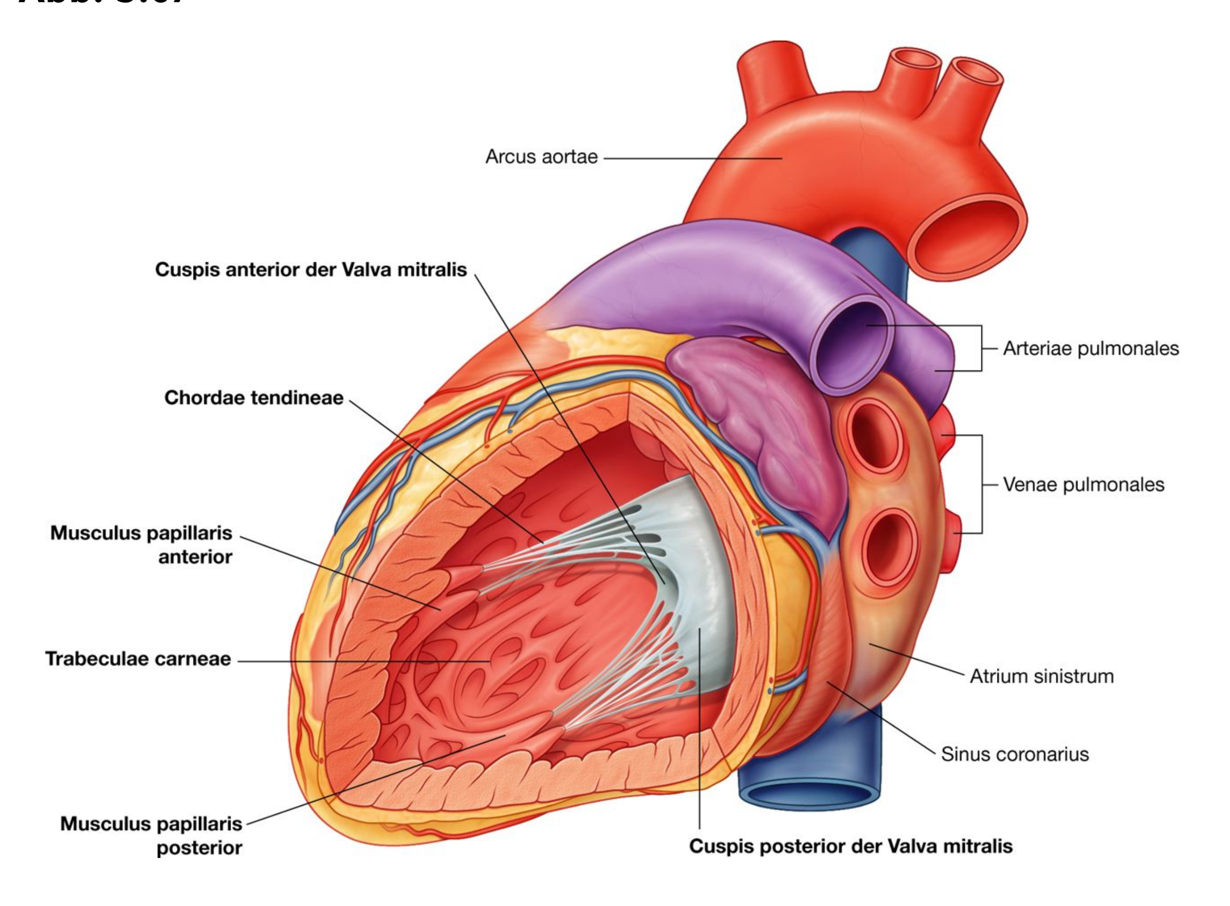
Die **Trabeculae carneae** des linken Ventrikels sind feiner und zarter als im rechten Ventrikel. Der allgemeine Aufbau der Trabekel mit Muskelleisten und brücken ist allerdings dem des rechten Ventrikels vergleichbar (Abb. 3.67).

Wie im rechten Ventrikel kommen **Papillarmuskeln** mit Chordae tendineae vor, die einen entsprechenden Aufbau besitzen. Allerdings kommen normalerweise nur zwei, ein **vorderer (Musculus papillaris anterior)** und ein **hinterer (Musculus papillaris posterior)** Papillarmuskel, im linken Ventrikel vor. Sie sind gewöhnlich auch etwas größer als die des rechten Ventrikels.

In anatomischer Position liegt der linke Ventrikel etwas hinter dem rechten Ventrikel. Das Septum interventriculare bildet daher die vordere und Anteile der rechten Seitenwand des linken Ventrikels. Das Septum besitzt zwei Anteile:

- Einen muskulären Anteil **(Pars muscularis)**
- Einen bindegewebigen Anteil **(Pars membranacea)**.

Abb. 3.67



Blick in den linken Ventrikel.

171
172

Der muskuläre Anteil ist dick und bildet den größten Teil des Septums; der bindegewebige Anteil ist dünn und bildet den oberen Bereich des Septums. Als dritter Anteil des Septums wird häufig eine Pars atrioventricularis aufgrund ihrer Lage oberhalb der Cuspis septalis der Trikuspidalklappe beschrieben. Sie liegt damit zwischen dem linken Ventrikel und dem rechten Vorhof.

Mitralklappe (Valva mitralis)

Das Ostium atrioventriculare sinistrum führt zur hinteren rechten Seite des oberen Anteils des linken Ventrikels. Es wird bei der Ventrikelkontraktion durch die **Mitralklappe (Valva mitralis, Valva atrioventricularis sinistra)** verschlossen, die aufgrund ihrer zwei Segel, **Cuspis anterior** und **Cuspis posterior**, auch als Bikuspidalklappe bezeichnet wird (Abb. 3.67). Wie bei der Trikuspidalklappe sind die Basen der beiden Segel der Mitralklappe an einem bindegewebigen Ring aufgehängt, der in das Ostium atrioventriculare eingelassen ist. Im Bereich der Kommissuren liegen die Segel einander an. Die koordinierte Kontraktion der Papillarmuskeln mit ihren Chordae tendineae, die an den Segeln befestigt sind, erfolgt wie bereits beim rechten Ventrikel beschrieben.

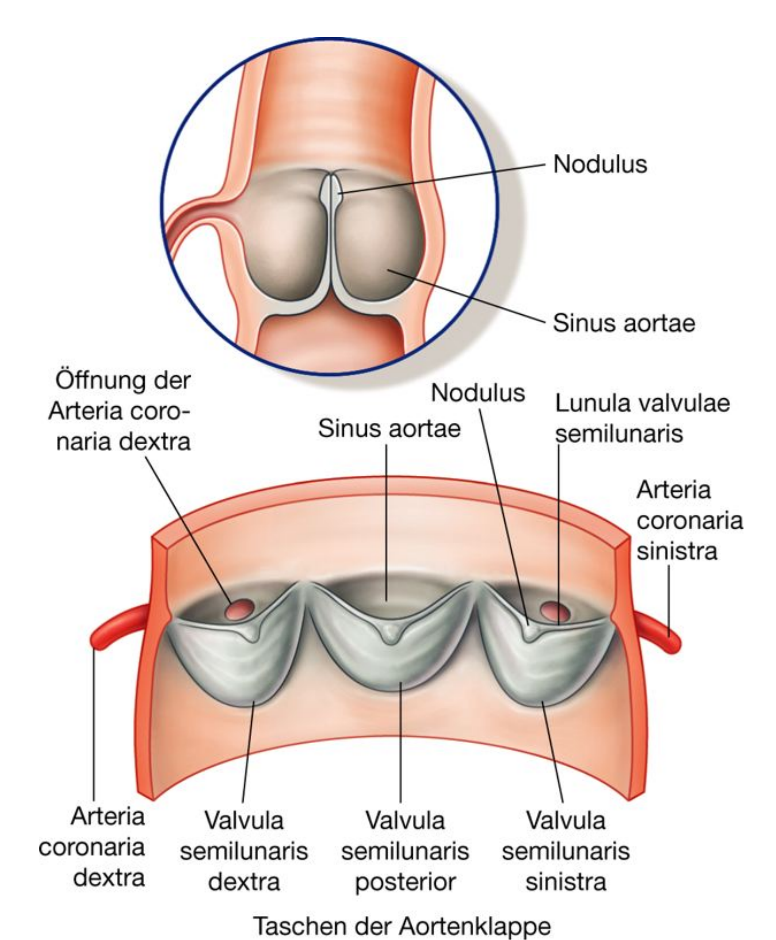
Aortenklappe (Valva aortae)

Das Vestibulum aortae (die Ausflussbahn aus dem linken Ventrikel) geht oben kontinuierlich in die Aorta ascendens über. Die Öffnung vom linken Ventrikel in die Aorta wird von der **Aortenklappe (Valva aortae)** verschlossen. Der Aufbau der Aortenklappe entspricht von der Struktur der Pulmonalklappe. Die Aortenklappe besteht aus drei Segeln, **Valvula semilunaris (coronaria) sinistra, Valvula semilunaris (coronaria) dextra** und **Valvula semilunaris posterior**, deren freie Enden in die Aorta ascendens ragen (Abb. 3.68).

Zwischen den halbmondförmigen Segeln und der Wand der Aorta ascendens sind wiederum taschenartige Vertiefungen – **Sinus aortae dexter, sinister** und **posterior** – eingelassen. Die rechte und die linke Arteria coronaria entspringen aus dem rechten und linken Sinus aortae. Daher werden der Sinus aortae posterior und das hintere Segel häufig als **nicht koronarer Sinus** oder **nicht koronares Segel** beschrieben.

Die Funktion der Aortenklappe entspricht derjenigen der Pulmonalklappe, außer dass bei der Stromumkehr in der Aorta ascendens während der Ventrikelerschlaffung nicht nur die Sinus aortae gefüllt werden, sondern das Blut automatisch in die Koronararterien fließt, die aus dem linken und rechten Sinus aortae abgehen.

Abb. 3.68



Blick von vorn auf die Aortenklappe.

Klinik

Herzklappenerkrankungen

Man unterscheidet generell zwei Typen von Herzklappenproblemen:

- Eine Klappeninsuffizienz, die auf einer ungenügenden Funktion der Klappe beruht
- Eine Klappenstenose, eine Verengung der Öffnung zwischen den einzelnen Segeln, die auf der Unfähigkeit der Klappe beruht, sich vollständig zu öffnen.

Erkrankungen der Mitralklappe gehen gewöhnlich mit einer Kombination aus Stenose und Insuffizienz einher. Einer beider Zustände dominiert meist. Beide führen zu einer nicht ausreichenden Klappenfunktion mit folgenden Herzveränderungen:

- Linksherzhypertrophie (allerdings seltener bei Patienten mit Mitralstenose)
- Erhöhter Pulmonalvenendruck
- Lungenödem
- Erweiterung (Dilatation) und Hypertrophie des linken Vorhofs.

Erkrankungen der Aortenklappe – sowohl eine Aortenstenose als auch ein Rückfluss aus der Aorta (Klappeninsuffizienz) in den linken Ventrikel – können zu einer ausgeprägten Herzinsuffizienz führen.

Erkrankungen des rechten und linken Herzens, die die Trikuspidal- und Pulmonalklappe einbeziehen, entstehen meist durch Infektionen. Die resultierenden Funktionsstörungen der Klappen führen zu ungewöhnlichen Druckveränderungen im rechten Vorhof und im rechten Ventrikel. Dies kann wiederum zur Herzinsuffizienz führen.

Klinik

Häufige angeborene Herzfehler

Die häufigsten angeborenen Herzfehler sind Vorhof- und Ventrikelseptumdefekte.

Ein Defekt im Vorhofseptum führt zum Übertritt von Blut aus dem Vorhof mit dem höheren Druck in den Vorhof mit dem niedrigeren Druck. Man bezeichnet eine solche Verbindung in der Klinik als Shunt.

Ein **Vorhofseptumdefekt (ASD – Atriumseptumdefekt)** führt zum Übertritt von sauerstoffreichem Blut aus dem linken Vorhof (höherer Druck) über den ASD in den rechten Vorhof (niedrigerer Druck). Viele Patienten mit ASD sind asymptomatisch, manchmal muss der ASD jedoch chirurgisch oder durch ein endovaskuläres Verfahren verschlossen werden. Gewöhnlich führt ein erhöhter Blutfluss in den rechten Vorhof über mehrere Jahre zu einer Hypertrophie des rechten Vorhofs und des rechten Ventrikels.

Außerdem kann es zu einer Erweiterung des Truncus pulmonalis mit resultierender pulmonalarterieller Hypertonie kommen.

Die häufigsten angeborenen Herzfehler betreffen das Ventrikelseptum **(Ventrikelseptumdefekte – VSD)**. Sie liegen besonders in der Pars membranacea des Septums und führen zum Übertritt von Blut aus dem linken Ventrikel (höherer Druck) in den rechten Ventrikel (niedrigerer Druck). Es kommt zur rechtsventrikulären Hypertrophie sowie zur pulmonalarteriellen Hypertonie. Wenn der Defekt groß genug ist und nicht behandelt wird, kann ein VSD zu ausgeprägten klinischen Symptomen führen und eine chirurgische Intervention erfordern.

Gelegentlich verschließt sich der **Ductus arteriosus (Botalli)**, der im fetalen Kreislauf den linken Ast der Pulmonalarterie mit dem absteigenden Anteil des Aortenbogens verbindet, nach der Geburt nicht. In diesem Fall tritt sauerstoffreiches Blut aus der Aorta (hoher Druck) in den Ramus sinister der Pulmonalarterie (geringerer Druck) über und führt zur pulmonalen Hypertonie. Man spricht von einem **offenen** oder **persistierenden Ductus arteriosus (PDA)**.

Alle diese Defekte führen zu einem Links-rechts-Shunt, bei dem es zu einer Durchmischung sauerstoff-reichen Blutes aus dem linken Herz mit sauerstoffarmem Blut des rechten Herzens kommt, bevor das Blut in den Lungenkreislauf eintritt. Diese Art von Shunt ist normalerweise mit dem Leben vereinbar, ein chirurgischer Eingriff oder eine endovaskuläre Behandlung kann aber dennoch nötig sein.

Seltener sind Rechts-links-Shunts, die bei isoliertem Auftreten fatal sind. Allerdings ist diese Art von Shunt meist mit anderen Anomalien assoziiert, sodass etwas sauerstoffarmes Blut in die Lungen und in den großen Kreislauf gelangt.

173

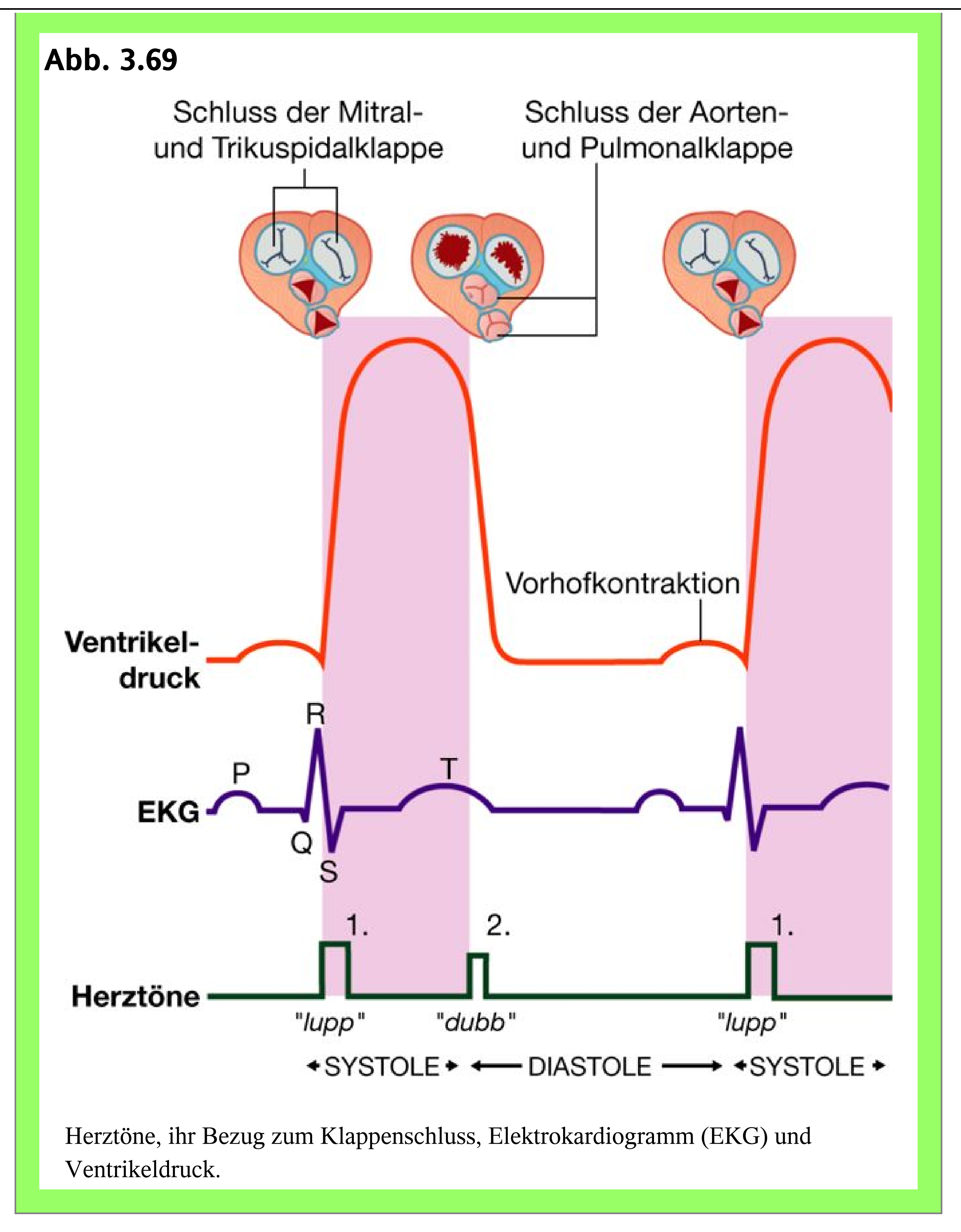
174

Klinik

Herzauskultation

Bei der Herzauskultation hört man den normalen Herzschlag, der Aufschluss über Herzfrequenz, Rhythmus und Regelmäßigkeit gibt. Außerdem können Herzgeräusche erkannt werden, die zwischen den Herzschlägen auftreten (Abb. 3.69).

Abb. 3.69



Herztöne, ihr Bezug zum Klappenschluss, Elektrokardiogramm (EKG) und Ventrikeldruck.

Herzskelett

Als Herzskelett bezeichnet man eine Platte aus straffem Bindegewebe, in die ringförmig die vier Ostien eingelassen sind (Ostium atrioventriculare dextrum, Ostium atrioventriculare sinistrum, Ostium aortae und Ostium trunci pulmonalis), in denen die Herzklappen aufgehängt sind. Man spricht dabei von der Ventilebene. Sie trennt die Vorhofmuskulatur von der Kammermuskulatur. Der Randbereich jedes Ostiums wird als **Anulus fibrosus**

bezeichnet. Zwischen den Ostien werden zwei dreieckförmige bindegewebige Bereiche des Herzskeletts unterschieden:

- Das **Trigonum fibrosum dextrum**, das einen verdickten Bereich aus Bindegewebe zwischen dem Aortenring und dem rechten Atrioventrikularring bezeichnet
- Das **Trigonum fibrosum sinistrum**, das als kräftiges Bindegewebsareal zwischen dem Aortenring und dem linken Atrioventrikularring liegt (Abb. 3.70).

Ebenfalls zum Herzskelett gehört die Pars membranacea des Ventrikelseptums.

Das Herzskelett erhält die Integrität der vier Ostien und dient über die Anuli fibrosi den einzelnen Segeln der Herzklappen als Aufhängung. Das Vorhofmyokard entspringt an der oberen Seite der Ringe; das Ventrikelmyokard kommt von der Unterseite.

Das Herzskelett dient ferner der elektrischen Isolierung zwischen Vorhöfen und Kammern, da beide Strukturen zeitversetzt kontrahieren müssen. Einzig Fasern des Erregungsleitungssystems (atrioventrikuläres Bündel) überbrücken das Herzskelett.

Kornonargefäße (Koronarien, Herzkranzgefäße)

Aus den Sinus aortae entspringen im Anfangsteil der Aorta ascendens die beiden Koronararterien, die das Myokard und andere Herzstrukturen mit Blut versorgen. Sie verlaufen im Sulcus coronarius um das Herz herum. Ihre Äste, Rami marginales und interventriculares, liegen in den Sulci interventriculares und ziehen auf die Herzspitze zu (Abb. 3.71).

Das venöse Blut wird über die Herzvenen größtenteils in den Sinus coronarius geführt. Er liegt im Sulcus coronarius auf der Hinterfläche des Herzens zwischen dem linken Vorhof und dem linken Ventrikel. Der Sinus coronarius mündet in den rechten Vorhof zwischen der Mündung der Vena cava inferior und dem Ostium atrioventriculare dextrum.

Koronararterien (Arteriae coronaria)

Arteria coronaria dextra

Die **Arteria coronaria dextra** entspringt aus dem Sinus aortae dexter in der Aorta ascendens. Sie verläuft vor und auf der rechten Seite zwischen dem rechten Herzohr und dem Truncus pulmonalis. Anschließend steigt sie vertikal im Sulcus coronarius zwischen rechtem Vorhof und rechtem Ventrikel ab (Abb. 3.72A). Sobald sie den Unterrand des Herzens erreicht, biegt sie nach hinten um und setzt ihren Verlauf im Sulcus auf der Facies diaphragmatica (Herzbasis) fort. In ihrem Verlauf gibt sie einige Äste ab:

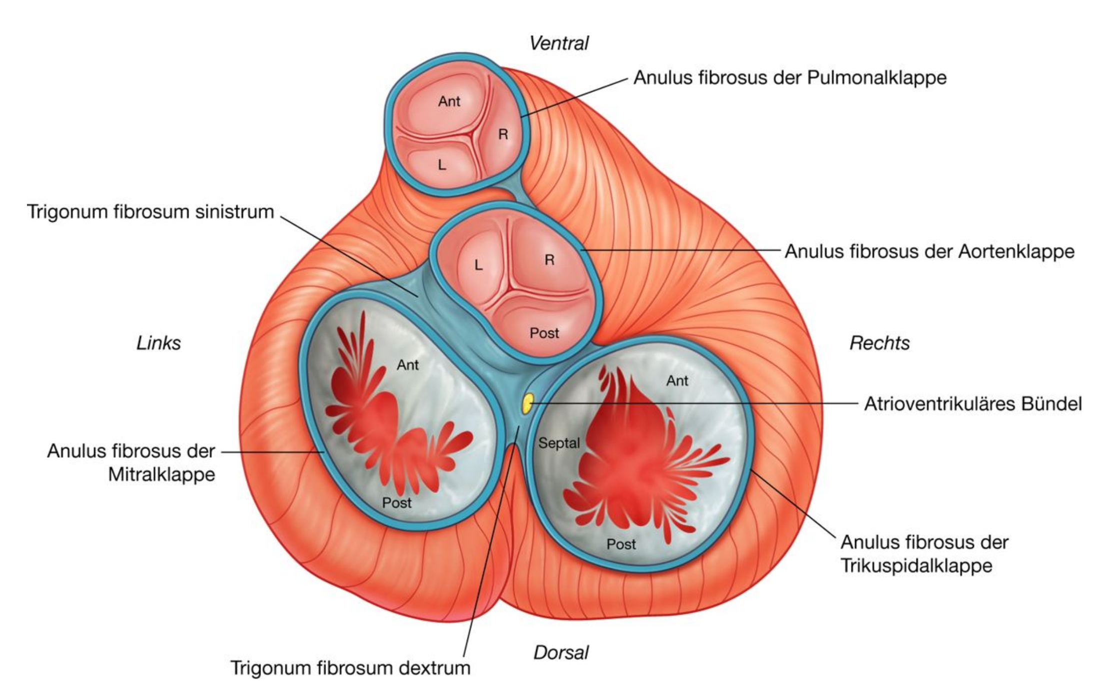
- Als Erstes den **Ramus atrialis**, der in der Vertiefung zwischen dem rechten Herzohr und der Aorta descendens verläuft und aus dem der **Ramus nodi sinuatrialis** hervorgeht, der seinerseits hinten um die Vena cava superior zieht,

um den Sinusknoten (Reizleitungssystem) im Bereich des rechten Vorhofs mit Blut zu versorgen.

- Den **Ramus marginalis dexter**, der abgeht, kurz bevor die Arteria coronaria dextra den „scharfkantigen" unteren Rand des Herzens erreicht (Abb. 3.72B) und in Richtung auf die Herzspitze verläuft.
- Im Verlauf auf der Facies diaphragmatica an der Herzbasis geht ein kleiner Ast zum Atrioventrikularknoten (AV-Knoten, Nodus atrioventricularis – gehört ebenfalls zum Reizleitungssystem) ab, bevor die Arteria coronaria dextra in ihren Endast, den **Ramus interventricularis posterior**, übergeht, der im Suculs interventricularis posterior liegt.

174
175

Abb. 3.70



Herzskelett (Vorhöfe entfernt).

Die rechte Koronararterie versorgt den rechten Vorhof, den rechten Ventrikel, den Sinusknoten, den AV-Knoten, das Vorhofseptum, einen Teil des linken Vorhofs, das posteroinferiore Drittel des Ventrikelseptums und den hinteren Anteil des linken Ventrikels mit Blut.

Arteria coronaria sinistra

Die **linke Koronararterie** entspringt aus dem Sinus aortae sinister der Aorta ascendens. Sie verläuft zwischen dem Truncus pulmonalis und dem linken Herzohr, bevor sie in den Sulcus coronarius eintritt. Noch hinter dem Truncus pulmonalis teilt sie sich in ihre beiden Endäste auf, den Ramus interventricularis anterior und den Ramus circumflexus (Abb. 3.72A):

- Der **Ramus interventricularis anterior (LAD – left anterior descending artery)**, setzt sich auf der linken Seite um den Truncus pulmonalis fort und steigt im Sulcus interventricularis anterior schräg zur Herzspitze ab (Abb. 3.72C). Im Verlauf gibt er ein oder zwei **Rami diagonales** ab, die schräg (diagonal) über die Vorderfläche (Facies sternocostalis) des linken Ventrikels verlaufen.
- Der **Ramus circumflexus** zieht nach links in den Sulcus coronarius und von hier zur Herzbasis (Facies diaphragmatica), an der er gewöhnlich kurz vor Erreichen des Sulcus interventricularis posterior endet. Ein großer Ast, die **Arteria marginalis sinistra**, geht meist aus ihm hervor und zieht ein kleines Stück weit über den runden stumpfen Herzrand.

Der Verlauf der linken Koronararterie ermöglicht die Blutversorgung des größten Teils des linken Vorhofs und des linken Ventrikels. Ferner werden der größte Anteil des Ventrikelseptums sowie das atrioventrikuläre Bündel und seine Äste mit Blut versorgt.

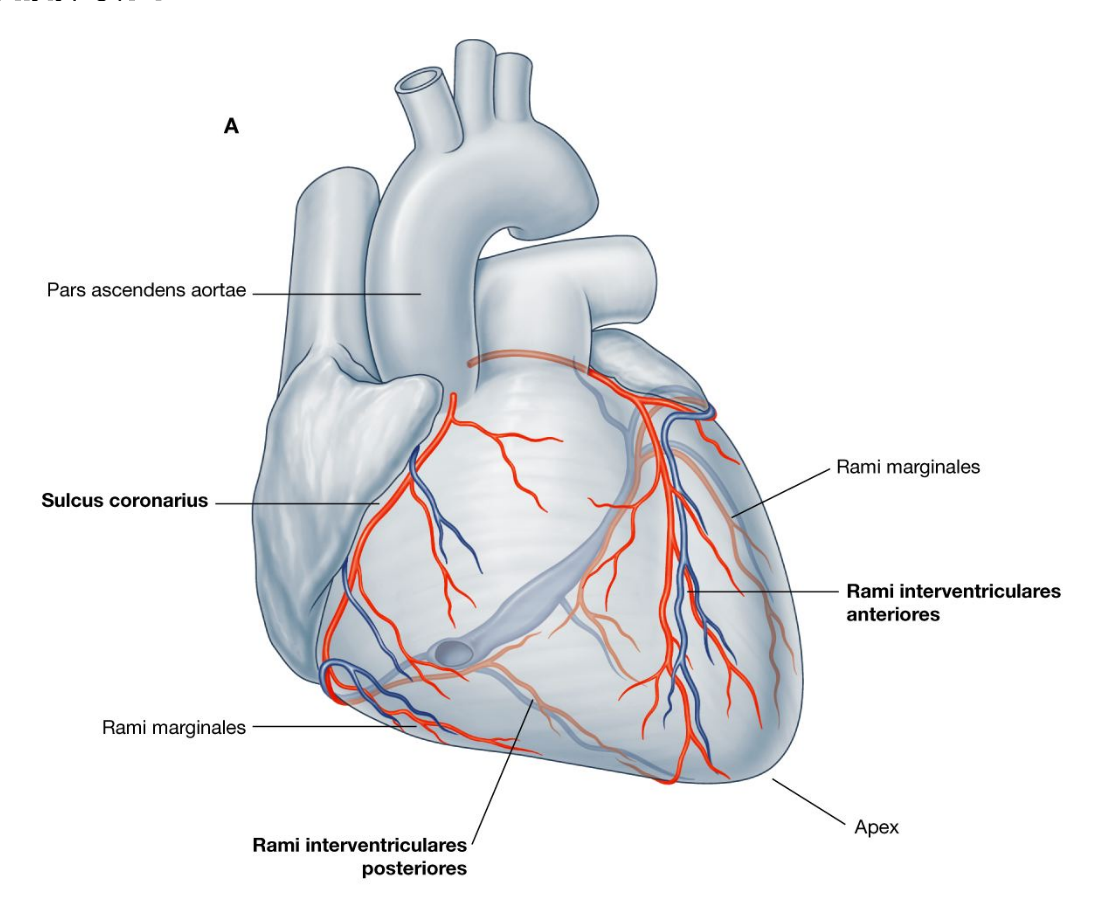
Varianten der Koronararterien

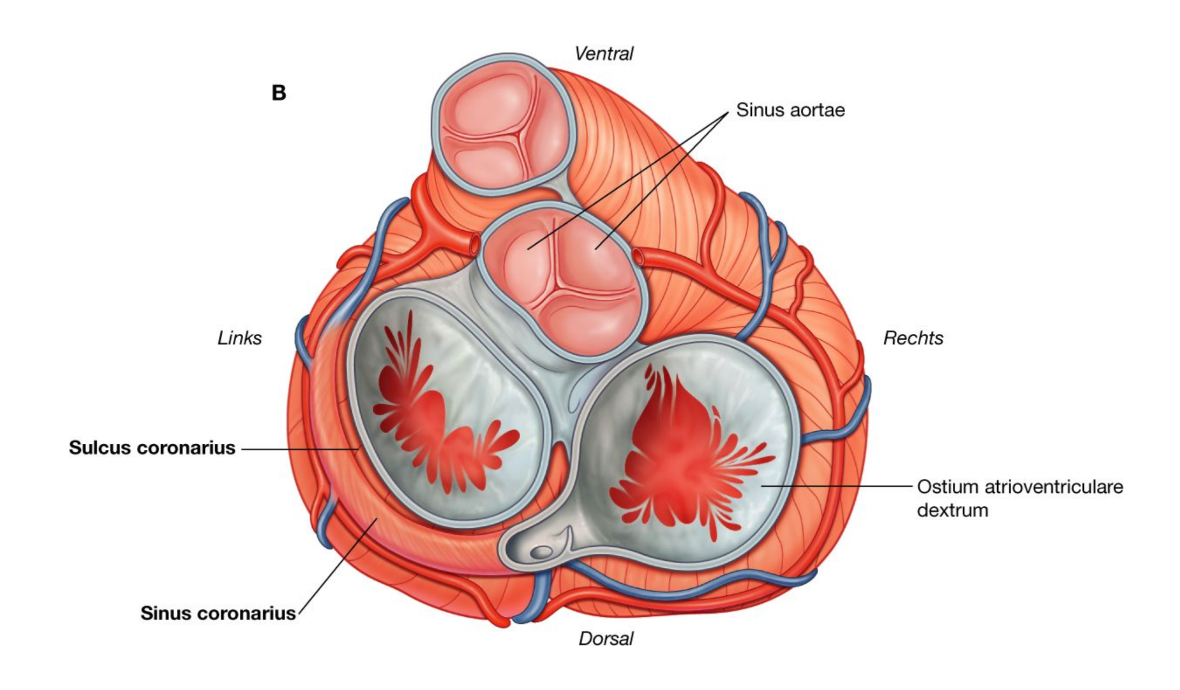
Es gibt zahlreiche Varietäten im Verlauf der Koronararterien:

- Oben wurde der häufigste Verlauf der Koronararterien beschrieben, der auf einer rechtsseitig dominanten Blutversorgung basiert (Rechtsversorgungstyp). Dabei geht der Ramus interventricularis posterior aus der rechten Koronararterie hervor. Die rechte Koronararterie versorgt in diesem Fall einen Großteil der Hinterwand des linken Ventrikels, und der Ramus circumflexus der linken Koronararterie ist relativ klein.
- Im Gegensatz dazu entspringt bei linksseitig dominanter Blutversorgung (Linksversorgungstyp) der Ramus interventricularis posterior aus einem großen Ramus circumflexus und versorgt den größten Teil der Hinterwand des linken Ventrikels (Abb. 3.73).

175

Abb. 3.71

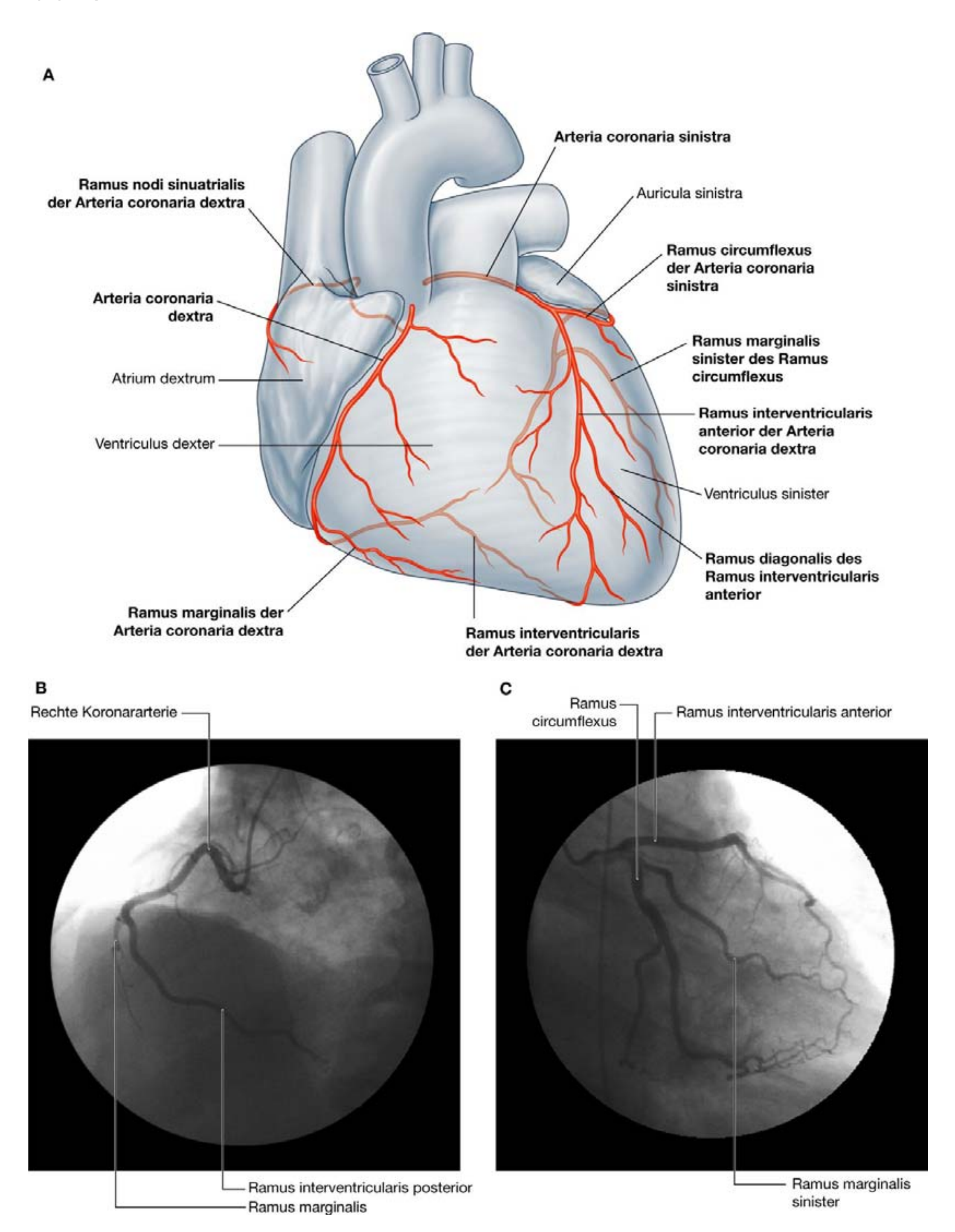




Blutversorgung des Herzens. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Ansicht von oben (Vorhöfe entfernt).

177

Abb. 3.72

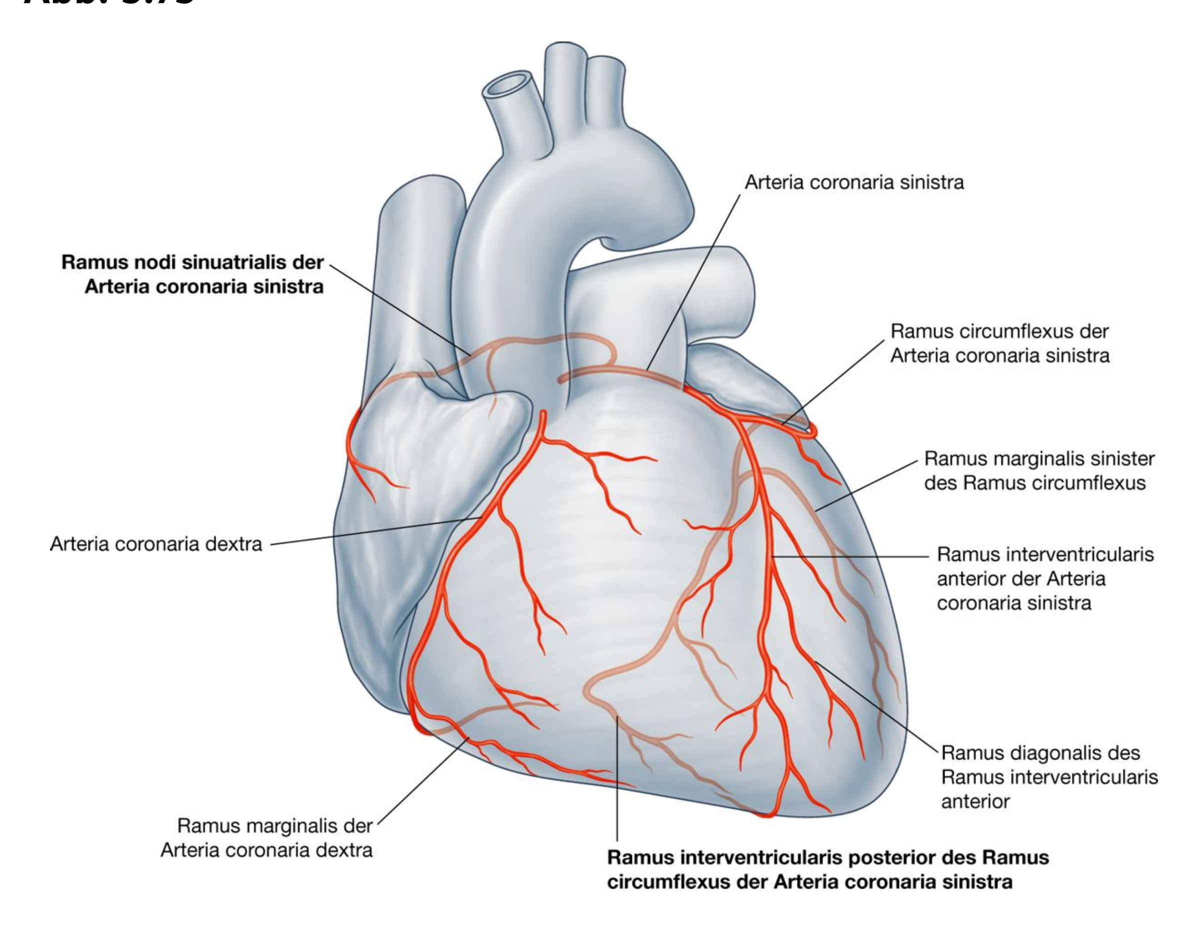


A. Ansicht von vorn auf die arterielle Versorgung. **B**. Links seitliche schräge Ansicht der Arteria coronaria dextra. **C**. Arteria coronaria sinistra in der Ansicht von links schräg vorn.

177
178

- Eine weitere Variante bezieht sich auf die Blutversorgung des Sinusknotens und des AV-Knotens. In den meisten Fällen werden beide Strukturen von der rechten Koronararterie versorgt. Allerdings ist auch eine Blutversorgung über Äste aus dem Ramus circumflexus der linken Koronararterie in seltenen Fällen möglich.

Abb. 3.73



Linksversorgungstyp.

Klinik

Klinische Terminologie der Koronararterien

Im klinischen Alltag werden für die Koronararterien alternative Begriffe benutzt. Die kürzere linke Koronar-arterie wird als **linkes Hauptstammgefäß** bezeichnet. Einer ihrer Hauptäste, die Arteria interventricularis anterior, wird kurz **LAD (left anterior descending artery)** genannt. Vergleichbar wird der Endast der rechten Koronararterie, der Arteria interventricularis posterior, als **PDA (posterior descending artery)** bezeichnet.

178

179

Klinik

Erkrankungen der Koronargefäße

Der Verschluss einer Koronararterie oder eines größeren Koronararterienastes führt zu einer inadäquaten Sauerstoffversorgung in dem abhängigen Myokard-bereich mit resultierendem Zelltod **(Herzinfarkt, Myokardinfarkt)**. Die Schwere hängt von Größe und Lokalisation des betroffenen Gefäßes und davon ab, ob ein kompletter oder nur ein unvollständiger Verschluss vorliegt. Ein unvollständiger Koronararterienverschluss kann

zu Schmerzen (Angina pectoris – Brustenge) während oder nach körperlicher Betätigung führen.

Der typische Herzschmerz sitzt tief zentral in der Brust und strahlt in den linken Arm und den unteren Halsbereich aus.

Die Schwere der Ischämie (Minderdurchblutung) oder des Infarkts (Absterben von Organen oder Organteilen nach lang dauernder Blutleere) hängt von der Dauer ab, die der Verschluss oder die Stenose bestanden hat, und davon, ob sich Kollateralgefäße ausbilden konnten oder nicht.

Heutzutage gibt es mehrere Verfahren zur Verbesserung der Durchblutung in teilweise oder komplett verschlossenen Herzkranzgefäßen:

- Bei der **perkutanen transluminalen Koronarangioplastie** (PTCA) wird ein Katheter in eine der beiden Femoralarterien des Oberschenkels eingebracht (Herzkatheter) und über die Arteriae iliaca externa, iliaca communis und die Aorta bis zum Abgang der Koronararterien vorgeschoben. Anschließend wird ein dünner Führungsdraht in die betroffene Koronararterie vorgeschoben und durch die Engstelle gebracht. Über den Führungsdraht wird ein dünner Katheter geschoben, an dessen Ende sich ein aufblasbarer Ballon befindet. Der Ballon wird genau im Bereich der Engstelle platziert und aufgeblasen. Dabei wird die Engstelle des Koronargefäßes durch den Ballon aufgedehnt.
- Wenn die Koronararterienerkrankung zu schwer ist (es z. B. zu starken Verkalkungen im Rahmen einer Arteriosklerose gekommen ist), um mittels Koronarangioplastie behandelt zu werden, kann eine chirurgische **Bypassoperation** (aortokoronare Venenbypassoperation, ACVB) der Koronarien nötig sein. Meist wird die Vena saphena magna, eine große oberflächliche Vene an der unteren Extremität, als autologes Gefäßtransplantat eingesetzt. Die Vene wird in mehrere Teile zertrennt, und jeder Teil wird dazu benutzt, einen verengten Koronararterienabschnitt zu überbrücken. Oftmals werden auch die Arteria thoracica interna (Arteria mammaria) oder die Arteria radialis als Bypasstransplantat genutzt.

Herzvenen (Venae cardiacae)

Der **Sinus coronarius** erhält vier große Zuflüsse: Die Venae cardiacae magna, media, parva und ventriculi sinistri posterior.

Vena cardiaca magna

Die **Vena cardiaca (cordis) magna** entspringt an der Herzspitze (Abb. 3.74A). Sie steigt im Sulcus interventricularis anterior auf und verläuft hier parallel zur Arteria interventricularis anterior. Man bezeichnet die Vene daher an dieser Stelle auch als **Vena interventricularis anterior**. Bei Erreichen des Sulcus coronarius biegt die Vene nach links und setzt sich auf der Facies diaphragmatica (Herzbasis) fort. Hier verläuft

die Vene gemeinsam mit dem Ramus circumflexus der linken Koronararterie und nimmt Blut aus der Vena marginalis sinistra auf. Im Verlauf durch den Sulcus coronarius nimmt das Venenvolumen kontinuierlich zu und wird zum Sinus coronarius, der in den rechten Vorhof einmündet.

Vena cardiaca media

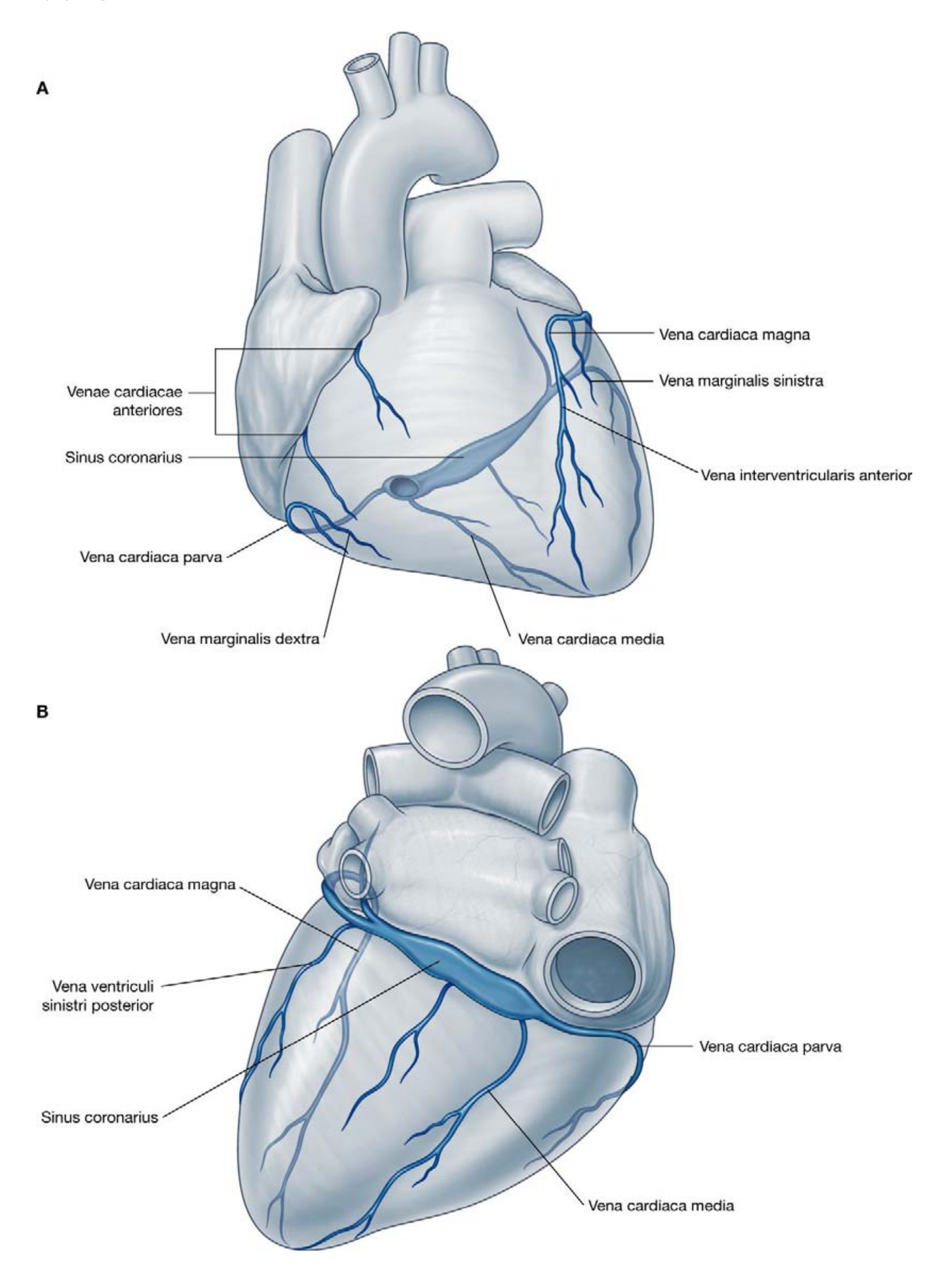
Die **Vena cardiaca (cordis) media (Vena interventricularis posterior)** entspringt nahe der Herzspitze und steigt im Sulcus interventricularis posterior zum Sinus coronarius auf (Abb. 3.74B). Sie verläuft auf ihrem Weg zum Sinus parallel mit dem Ramus interventricularis posterior der rechten oder linken Koronararterie.

Vena cardiaca parva

Die **Vena cardiaca (cordis) parva** entspringt im unteren vorderen Abschnitt des Sulcus coronarius zwischen dem rechten Vorhof und dem rechten Ventrikel (Abb. 3.74A). Sie setzt sich im Sulcus auf die Facies diaphragmatica (Herzbasis) fort und mündet hier nahe dem Vorhof in den Sinus coronarius. Sie verläuft auf ihrem Weg gemeinsam mit der rechten Koronararterie und kann Zuflüsse aus der Vena ventriculi dextri anterior und aus der **Vena marginalis dextra** erhalten (Abb. 3.74A). Letztere Vene begleitet den Ramus marginalis der Arteria coronaria dextra entlang dem scharfkantigen Herzrand. Wenn die Vena marginalis dextra nicht in die Vena cardiaca parva einmündet, mündet sie direkt in den rechten Vorhof ein.

179

Abb. 3.74



Große Herzvenen. **A**. Blick von vorn. **B**. Blick von hinten unten.

Vena ventriculi sinistri posterior

Die **Vena ventriculi sinistri posterior** entspringt auf der Rückseite des linken Ventrikels unmittelbar links von der Vena cardiaca media (Abb. 3.74B). Sie mündet entweder direkt in den Sinus coronarius oder in die Vena cardiaca magna.

Andere Herzvenen

Es gibt zwei weitere Venengruppen, die am Blutabfluss beteiligt sind:

- Die **Venae cardiacae anteriores**, kleine Venen, die auf der Vorderseite des rechten Ventrikels entspringen (Abb. 3.74A), über den Sulcus coronarius hinwegziehen und in die Vorderwand des rechten Vorhofs einmünden. Sie drainieren den vorderen Anteil der rechten Ventrikelwand. Die Vena marginalis dextra kann zu dieser Venengruppe gehören, wenn sie nicht in die Vena cardiaca parva einmündet.
- Eine Gruppe kleiner Venen – **Venae cardiacae minimae (Thebesius-Venen)** – drainiert ihr Blut direkt in die Herzkammern. Sie kommen zahlreich am rechten Vorhof und am rechten Ventrikel vor, gelegentlich am linken Vorhof und selten am linken Ventrikel.

Koronare Lymphgefäße

Die Lymphgefäße des Herzens folgen den Koronararterien und drainieren überwiegend in:

- Nodi lymphoidei brachiocephalici vor den Venae brachiocephalicae
- Nodi lymphoidei tracheobronchiales am unteren Ende der Trachea.

Erregungsleitungssystem (Reizleitungssystem, Complexus stimulans cordis)

Das Myokard der Vorhöfe und Ventrikel ist in der Lage, spontan zu kontrahieren. Das Erregungsleitungssystem des Herzens initiiert und koordiniert die Myokardkontraktion. Es setzt sich aus spezialisierten Myokardzellen (Myozyten) zusammen, die Ansammlungen und Netzwerke bilden. Man unterscheidet folgende Anteile:

- Sinusknoten
- Atrioventrikularknoten (AV-Knoten)
- Atrioventrikularbündel (AV-Bündel, His-Bündel)
- Kammerschenkel
- Purkinje-Fasern.

Die einzigartige Verteilung der Anteile des Erregungsleitungssystems gewährleistet einen unidirektionalen Erregungsfluss und damit eine gerichtete und geordnete Myokardkontraktion. Im gesamten Verlauf durch das Myokard ist das Erregungsleitungssystem in Bindegewebe eingebettet, das die versehentliche Stimulation benachbarter Myokardzellen verhindert.

Die Anzahl funktioneller Kontakte (elektrische Kopplung) zwischen Zellen des Erregungsleitungssystems und Myokardzellen steigt erst deutlich subendokardial an, wenn die Fasern ein Netzwerk bilden.

Durch das Erregungsleitungssystem wird eine gerichtete Erregungs- und Kontraktionswelle ausgelöst, die zunächst von oben nach unten über die Vorhöfe läuft (Vorhofkontraktion und Füllung der Ventrikel) und sich anschließend auf die Ventrikel fortsetzt. Hier breitet sich die Erregung von den Papillarmuskeln und den Spitzen der Ventrikel in Richtung auf die Herzausflussbahnen (Truncus pulmonalis und Aorta) aus.

Klinik

Erregungsleitungssystem

Das Erregungsleitungssystem kann im Rahmen einer Koronararterienerkrankung geschädigt werden. Der normale Herzrhythmus kann dabei durch eine Ischämie (Blutmangel/Sauerstoffmangel) von Anteilen des Erregungsleitungssystems gestört werden. Herzrhythmusstörungen können zu einer veränderten Schlagfrequenz, aber auch zu einer ungeordneten Ventrikelkontraktion mit Herzversagen bis hin zum Tod führen.

Sinusknoten

Die Erregungsbildung beginnt am **Sinusknoten**, dem Schrittmacher des Herzens. Er liegt am oberen Ende der Crista terminalis zwischen Einmündung der Vena cava superior und dem rechten Vorhof (Abb. 3.75A). Die Grenze ist gleichzeitig der Übergang zwischen den beiden Vorhofanteilen, dem embryologischen Sinus venosus und dem eigentlichen Vorhof.

Die Erregungssignale, die im Sinusknoten generiert werden, setzen sich über die Vorhöfe fort und führen zur Kontraktion des Vorhofmyokards.

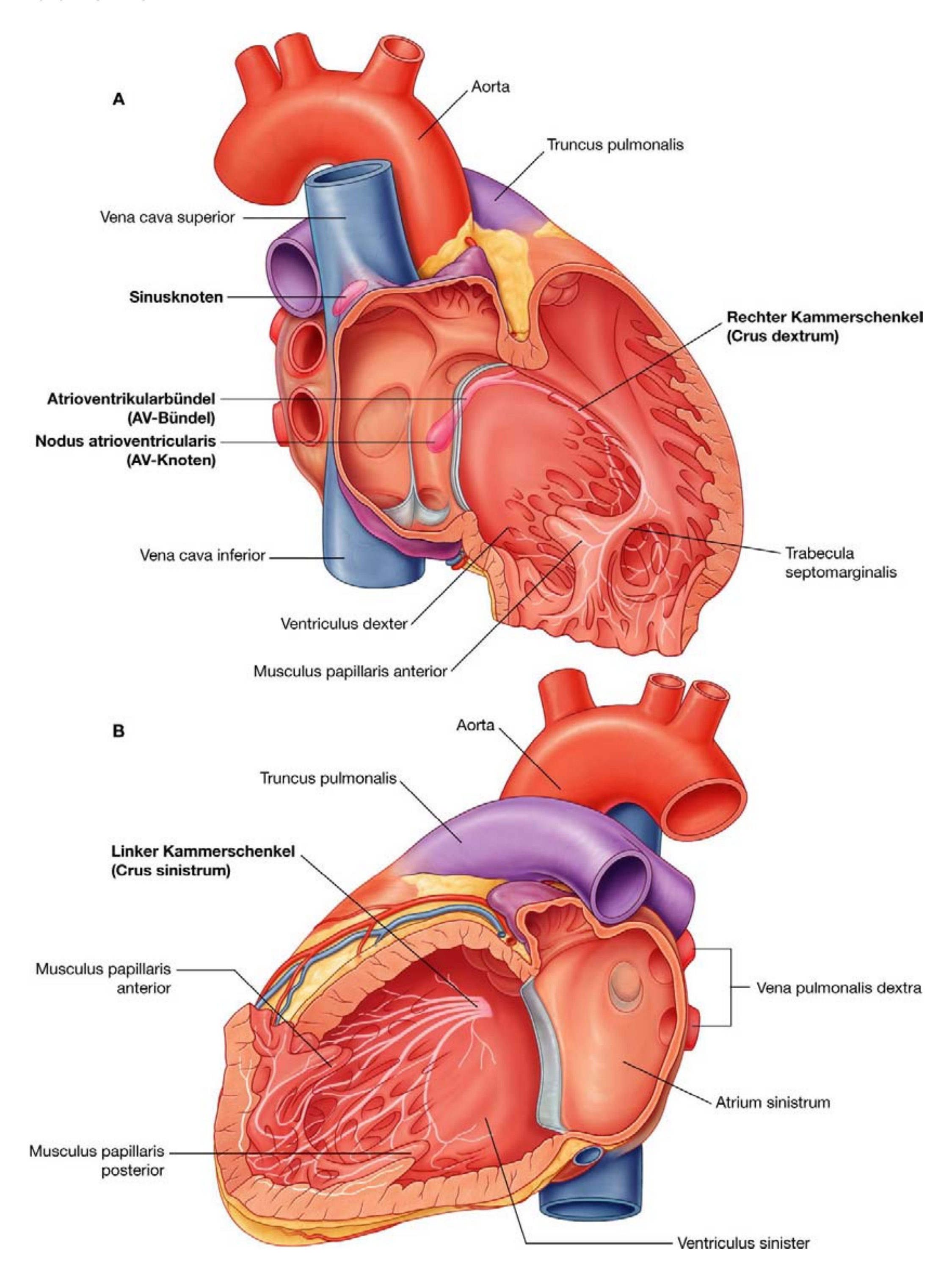
Atrioventrikularknoten (AV-Knoten)

Gemeinsam mit der über die Vorhöfe ziehenden Erregungswelle wird der **AV-Knoten** erregt. Er liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zur Öffnung des Sinus coronarius, zum septalen Segel der Trikuspidalklappe und innerhalb des Septum atrioventriculare (Abb. 3.75A). Der AV-Knoten ist eine Ansammlung spezialisierter Zellen, die den Beginn des Reizleitungssystems zur Innervation der Herzventrikel darstellen. Er wird auch als sekundärer Schrittmacher bezeichnet und setzt sich in das Atrioventrikularbündel fort, das die Erregung zur Ventrikelmuskulatur weiterleitet.

181

182

Abb. 3.75



Erregungsleitungssystem des Herzens. **A**. Rechte Kammer. **B**. Linke Kammer.

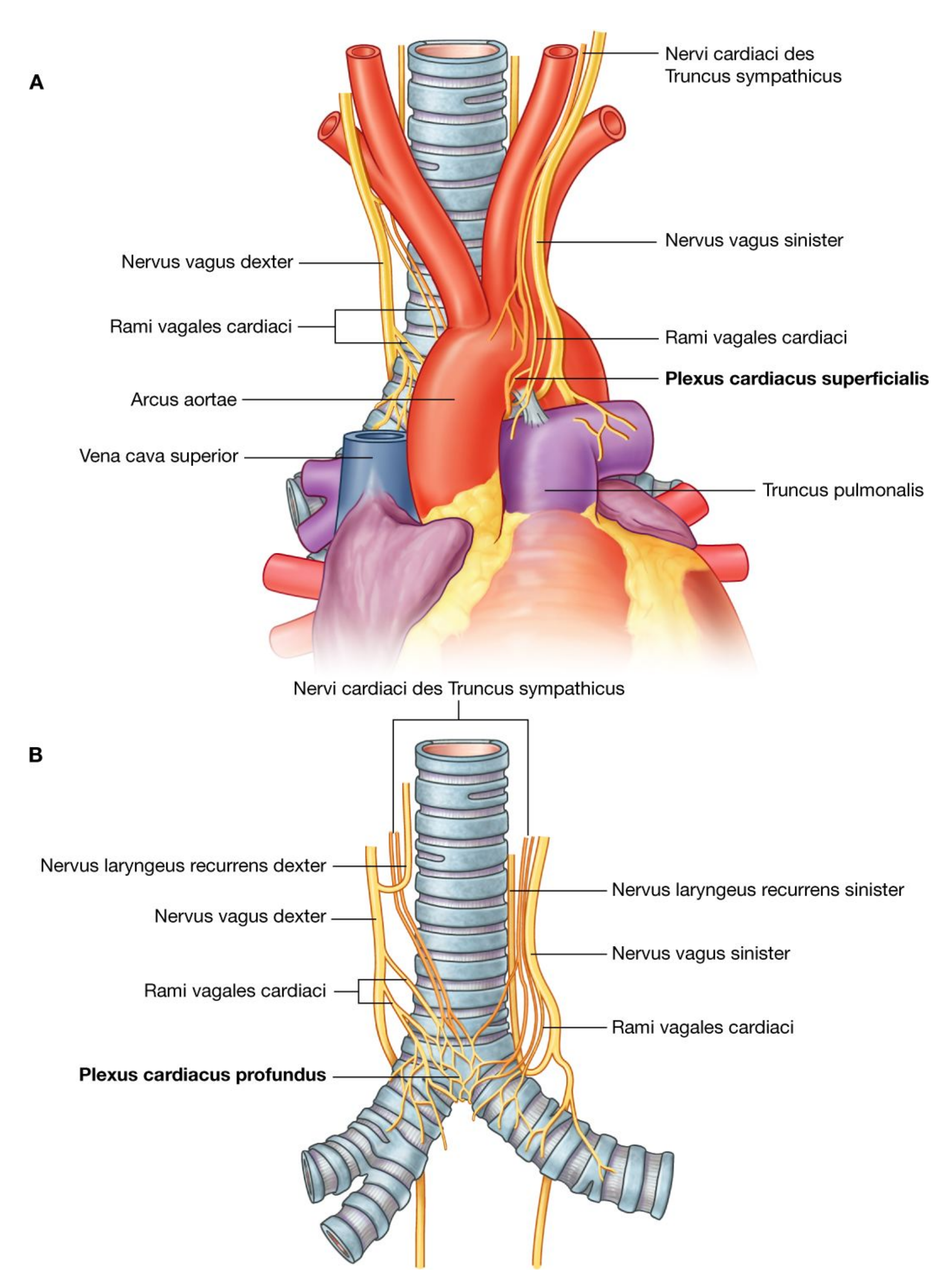
182
183

Atrioventrikularbündel (AV-Bündel, His-Bündel)

Das **Atrioventrikularbündel** ist die unmittelbare Fortsetzung des AV-Knotens (Abb. 3.75A). Es folgt der unteren Grenze der Pars membranacea des Septum interventriculare, bevor es sich nach Erreichen der Pars muscularis des

Ventrikelseptums in ein rechtes und in linkes Bündel (rechter und linker Kammerschenkel) aufteilt.

Abb. 3.76



Plexus cardiacus. **A**. Oberflächlicher Anteil. **B**. Tiefer Anteil.

183

184

Der **rechte Kammerschenkel (Crus dextrum)** setzt sich auf der rechten Seite im Ventrikelseptum zur Spitze des rechten Ventrikels fort. Vom Septum tritt er in die septomarginalen Trabekel ein und erreicht die Basis des Musculus papillaris anterior.

Hier teilt er sich in seine terminalen Äste auf und bildet einen **subendothelialen Plexus (Purkinje-Fasern)** zu den Papillarmuskeln (frühe Kontraktion zwecks Zügelung der Segel, siehe oben) und zum Wandmyokard.

Der **linke Kammerschenkel (Crus sinistrum)** verläuft im linken Anteil des Ventrikelseptums und zieht zur Spitze des linken Ventrikels (Abb. 3.75B). Im Verlauf gibt er Äste ab, die den **subendokardialen Plexus (Purkinje-Fasern)** der linken Seite bilden und ihrerseits die Papillarmuskeln und das Wandmyokard erregen.

Innervation des Herzens

Das vegetative Nervensystem ist verantwortlich für die Regulation von

- Herzfrequenz,
- Kraft, mit der jede Kontraktion durchgeführt wird, und
- Auswurfleistung.

Gemeinsam bilden Äste des Parasympathikus und des Sympathikus den **Plexus cardiacus (kardialer Plexus)**. Der Plexus besteht aus einem **oberflächlichen Anteil (Plexus cardiacus superficialis)** oberhalb des Aortenbogens sowie zwischen dem Aortenbogen und dem Truncus pulmonalis (Abb. 3.76A) und einem **tiefen Anteil (Plexus cardiacus profundus)** zwischen dem Aortenbogen und der Tracheal-bifurkation (Abb. 3.76B).

Die Äste des Plexus cardiacus beeinflussen das Erregungsleitungssystem, die Koronargefäße sowie das Vorhof- und Kammermyokard.

Parasympathische Innervation

Aktivierung des Parasympathikus führt zur

- Herabsetzung der Herzfrequenz,
- Herabsetzung der Kontraktionskraft und
- Konstriktion (Verengung) der Koronararterien.

Präganglionäre parasympathische Fasern erreichen das Herz als Rami cardiaci des rechten und linken Nervus vagus. Die Fasern treten in den Plexus cardiacus ein und werden hier oder in den Vorhofwänden in kleinen Ganglien auf postganglionäre Fasern umgeschaltet.

Sympathische Innervation

Aktivierung des Sympathikus führt zur

- Zunahme der Herzfrequenz und
- Zunahme der Kontraktionskraft.

Sympathische Fasern erreichen das Herz über Rami cardiaci aus dem Truncus sympathicus. Präganglionäre sympathische Fasern aus den oberen vier oder fünf Segmenten des Thorakalmarks ziehen zum Grenzstrang. Hier erfolgt die Umschaltung von prä- auf postganglionär in zervikalen und thorakalen Ganglien. Die postganglionären Fasern ziehen auf beiden Seiten vom Grenzstrang zum Plexus cardiacus. Aus dem Plexus cardiacus ziehen kleine gemischte Nervenäste, die sowohl sympathische als auch parasympathische Fasern enthalten, zum Herz und innervieren es.

Viszerale Afferenzen

Außer den oben genannten Nerven gehören zum Plexus cardiacus ebenfalls viszerale Afferenzen. Diese Fasern ziehen durch den Plexus cardiacus zum Zentralnervensystem, indem sie sich den Fasern des Truncus sympathicus und den Rami vagales cardiaci anlegen.

Die Afferenzen, die mit den Nervi vagales cardiaci verlaufen, ziehen zurück zum Nervus vagus [X]. Sie vermitteln Änderungen des Blutdrucks und der Blutgase und betreffen damit primär kardiale Reflexe.

Die Afferenzen, die mit den Nervi cardiaci des Sympathikus verlaufen, ziehen entweder zu den zervikalen oder zu den thorakalen Anteilen des Grenzstrangs. In ersterem Fall steigen sie im Grenzstrang bis zum thorakalen Abschnitt ab und erreichen das Rückenmark gemeinsam mit den thorakalen Ästen über die oberen vier oder fünf thorakalen Spinalnervensegmente. *Diese Afferenzen übermitteln Schmerzsensationen vom Herzen, wie sie im Rahmen einer Gewebe-schädigung durch mangelnde Myokarddurchblutung (kardiale Ischämie) auftreten. Der Schmerz wird oft in Hautregionen wahrgenommen, die vom gleichen Spinalnerven innerviert werden.*

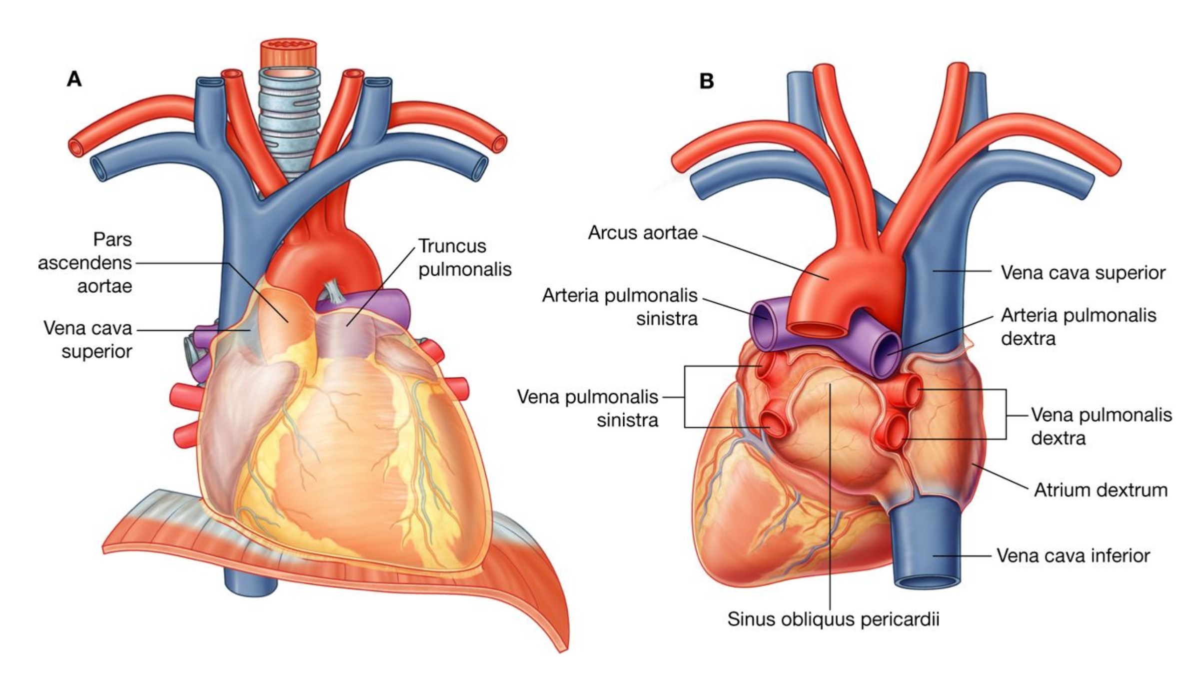
Truncus pulmonalis

Der **Truncus pulmonalis** liegt innerhalb des Herzbeutels (Abb. 3.77). Er wird vom viszeralen Blatt des Pericardium serosum bedeckt und liegt mit der Aorta ascendens in einer gemeinsamen Hülle. Er entspringt aus dem Conus arteriosus des rechten Ventrikels etwas vor der Öffnung in die Aorta. Der Truncus zieht nach oben, hinten und links. Dabei liegt er zunächst vor und dann links von der Aorta ascendens. Etwa auf Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen Vertebra Th5 und Th6, gegenüber der linken Grenze des Sternums und hinter der 3. Rippe links, teilt er sich in

- die rechte Pulmonalarterie (Arteria pulmonalis dextra), die nach rechts abbiegt und hinter der Aorta ascendens und der Vena cava superior in die rechte Lunge eintritt, und
- die linke Pulmonalarterie (Arteria pulmonalis sinistra), die unterhalb des Aortenbogens und vor der Aorta descendens in die linke Lunge eintritt.

184

Abb. 3.77



Große Gefäße im mittleren Mediastinum. **A**. Blick von vorn. **B**. Blick von hinten.

Aorta ascendens

Die **Aorta ascendens** liegt im Herzbeutel. Sie wird vom viszeralen Blatt des Pericardium serosum bedeckt und liegt mit dem Truncus pulmonalis in einer gemeinsame Hülle (Abb. 3.77A).

Die Aorta ascendens entspringt am Ostium aortae an der Basis des linken Ventrikels. Das Ostium liegt mit dem vorderen Ende der 3. Rippe links hinter dem Sternum auf einer Höhe. Die Aorta ascendens steigt etwas nach vorn rechts bis hinter den Rippenknorpel der 2. Rippe auf. An diesem Punkt tritt sie in das obere Mediastinum ein und wird zum **Aortenbogen (Arcus aortae)**.

Unmittelbar oberhalb des Punkts, an dem die Aorta ascendens aus dem linken Ventrikel hervorgeht, liegen drei kleine Ausbuchtungen gegenüber dem Semilunarsegel der Aortenklappe, die Sinus aortae posterior, dexter und sinister. Aus den Sinus aortae dexter und sinister entspringen jeweils die rechte und linke Koronararterie.

Weitere Gefäße

Die untere Hälfte der **Vena cava superior** liegt ebenfalls im Perikardbeutel (Abb. 3.77B). Sie durchbricht das Perikard etwa auf Höhe des zweiten Rippenknorpels und tritt in den rechten Vorhof auf Höhe des Vorderendes des dritten Rippenknorpels ein. Mit Ausnahme eines kleinen Gebiets auf der Rückseite des Gefäßes ist dieser Anteil innerhalb des Perikardbeutels von Pericardium serosum bedeckt.

Nach Durchtritt durch das Zwerchfell etwa auf Höhe des 8. Wirbelkörpers (Vertebra Th8) tritt die **Vena cava inferior** in den Herzbeutel ein. Ein kleiner Anteil des Gefäßes liegt innerhalb des Herzbeutels, bevor die Vene in den rechten Vorhof mündet. Dieser Anteil wird bis auf ein kleines Areal auf der Rückseite von Pericardium serosum bedeckt (Abb. 3.77B).

Ein sehr kurzer Abschnitt jeder Pulmonalvene liegt ebenfalls innerhalb des Herzbeutels. Diese Venen, gewöhnlich zwei auf jeder Seite, durchbrechen das Pericardium fibrosum und erreichen den oberen Anteil des linken Vorhofs auf dessen Rückseite. Innerhalb des Herzbeutels sind die Gefäße mit Ausnahme jeweils eines kleinen Areals von Pericardium serosum überzogen. Außerdem liegt der **Sinus obliquus pericardii** zwischen den rechten und linken Pulmonalvenen innerhalb des Herzbeutels (Abb. 3.77).

Mediastinum superius

Das **Mediastinum superius** liegt hinter dem Manubrium sterni und vor den Wirbelkörpern der ersten vier Thorakalwirbel (Abb. 3.52).

- Die obere Grenze ist eine schräge Ebene, die von der jugulären Einkerbung (Einkerbung/Grenze zwischen Venae brachiocephalicae dextra und sinistra) nach hinten unten zum Oberrand des ersten Thorakalwirbels verläuft.
- Die untere Grenze zum Mediastinum inferius bildet eine horizontale Ebene zwischen dem Angulus sternalis und dem Discus intervertebralis zwischen den Wirbelkörpern Th4 und Th5.
- Lateral wird das obere Mediastinum beidseits von der Pars mediastinalis der Pleura parietalis begrenzt.

185

186

Kranial geht das obere Mediastinum in den Hals über, kaudal in das untere Mediastinum.

Die Hauptstrukturen innerhalb des oberen Mediastinums sind (Abb. 3.78 und 3.79):

- Thymus
- Venae brachiocephalicae dextra und sinistra
- Vena intercostalis superior sinistra
- Arcus aortae mit seinen drei großen Abgängen
- Trachea
- Ösophagus
- Nervi phrenici
- Nervi vagi
- Nervus recurrens sinister als Ast des Nervus vagus sinister

- Ductus thoracicus
- Kleine Nerven, Blutgefäße und Lymphgefäße.

Thymus

Der **Thymus** ist die am weitesten vorn im oberen Mediastinum liegende Struktur. Er liegt unmittelbar hinter dem Manubrium sterni. Der Thymus besteht aus zwei meist asymmetrisch geformten Lappen (Abb. 3.80).

Die oberen Anteile des Thymus können bis in den Hals hineinreichen, manchmal bis nahe an die Schilddrüse; die unteren Anteile erstrecken sich normalerweise bis in das vordere untere Mediastinum (Mediastinum anterius) auf den Herzbeutel.

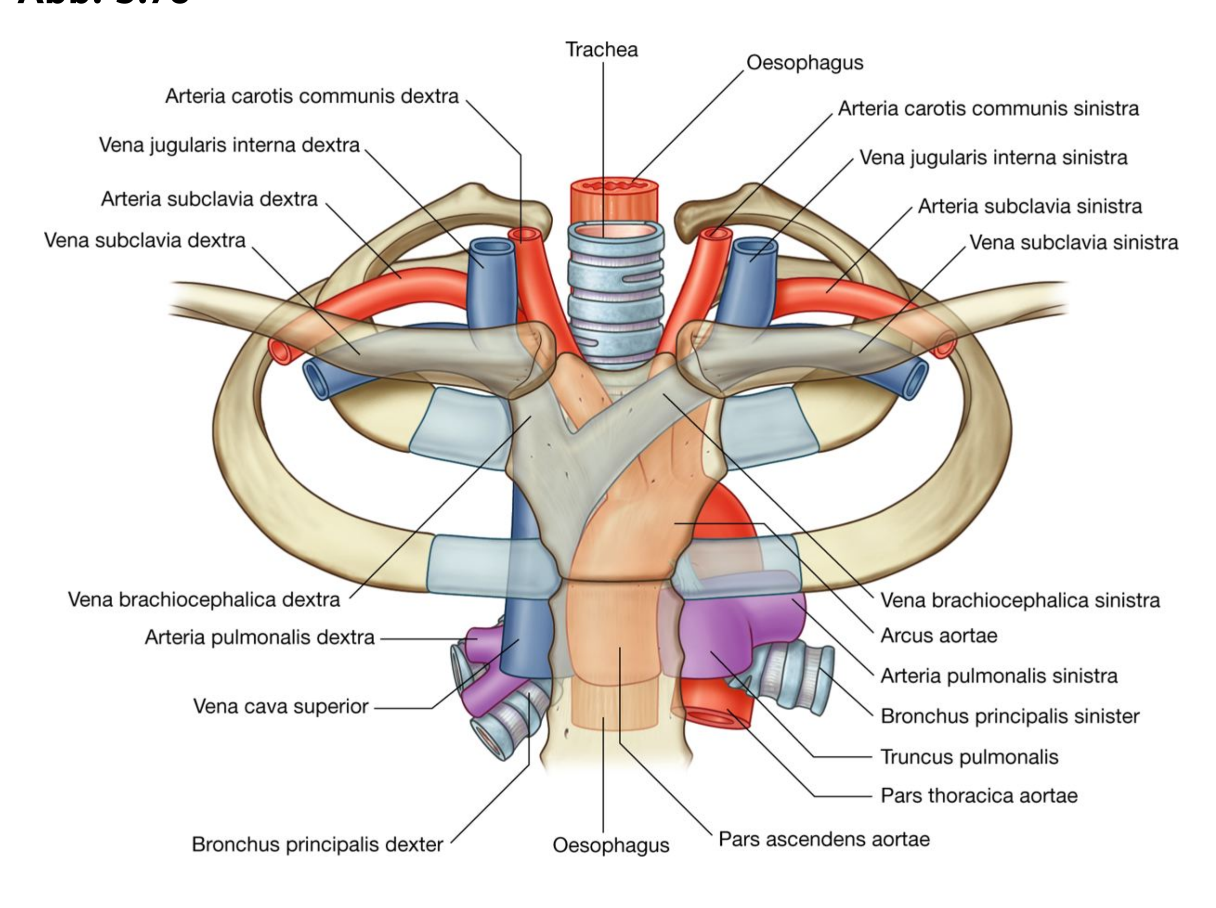
Da der Thymus im Rahmen der Entwicklung des Immunsystems eine entscheidende Rolle spielt, ist er beim Kind voll ausgeprägt. Nach der Pubertät beginnt die Involution des Organs, die mit atrophischen Veränderungen einhergehen kann. Beim Erwachsenen ist die Größe daher sehr variabel. Im höheren Alter ist der Thymus als eigenständiges Organ oftmals nur schwer zu identifizieren, da er größtenteils nur noch aus Fettgewebe besteht. Meist bleibt die Gliederung in zwei Lappen aber erhalten.

Die Blutversorgung erfolgt über kleine Arterienäste aus den Arteriae thoracicae internae. Das Blut wird aus dem Organ gewöhnlich in die Vena brachiocephalica sinistra oder/und in die Venae thoracicae internae drainiert.

Die Lymphe wird zu multiplen Lymphknotengruppen einer oder mehreren der folgenden Lokalisationen geführt:

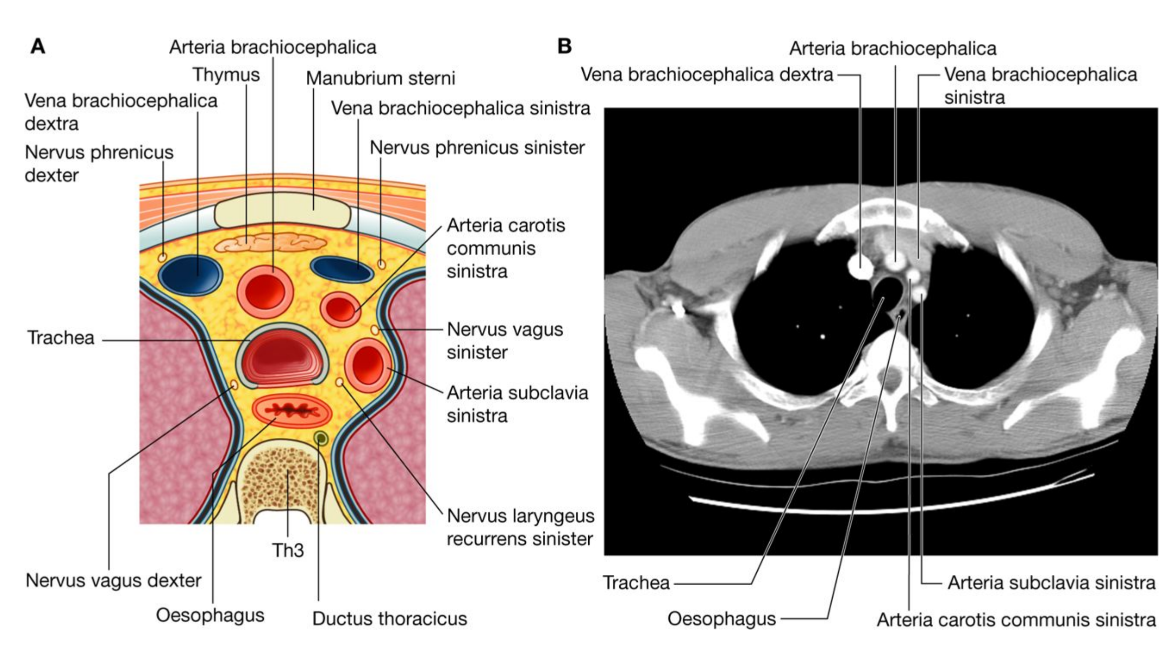
- Entlang den Arteriae thoracicae internae (Nodi lymphoidei parasternales)
- Zur Trachealbifurkation (Nodi lymphoidei tracheobronchiales)
- Zu den unteren Halslymphknoten.

Abb. 3.78



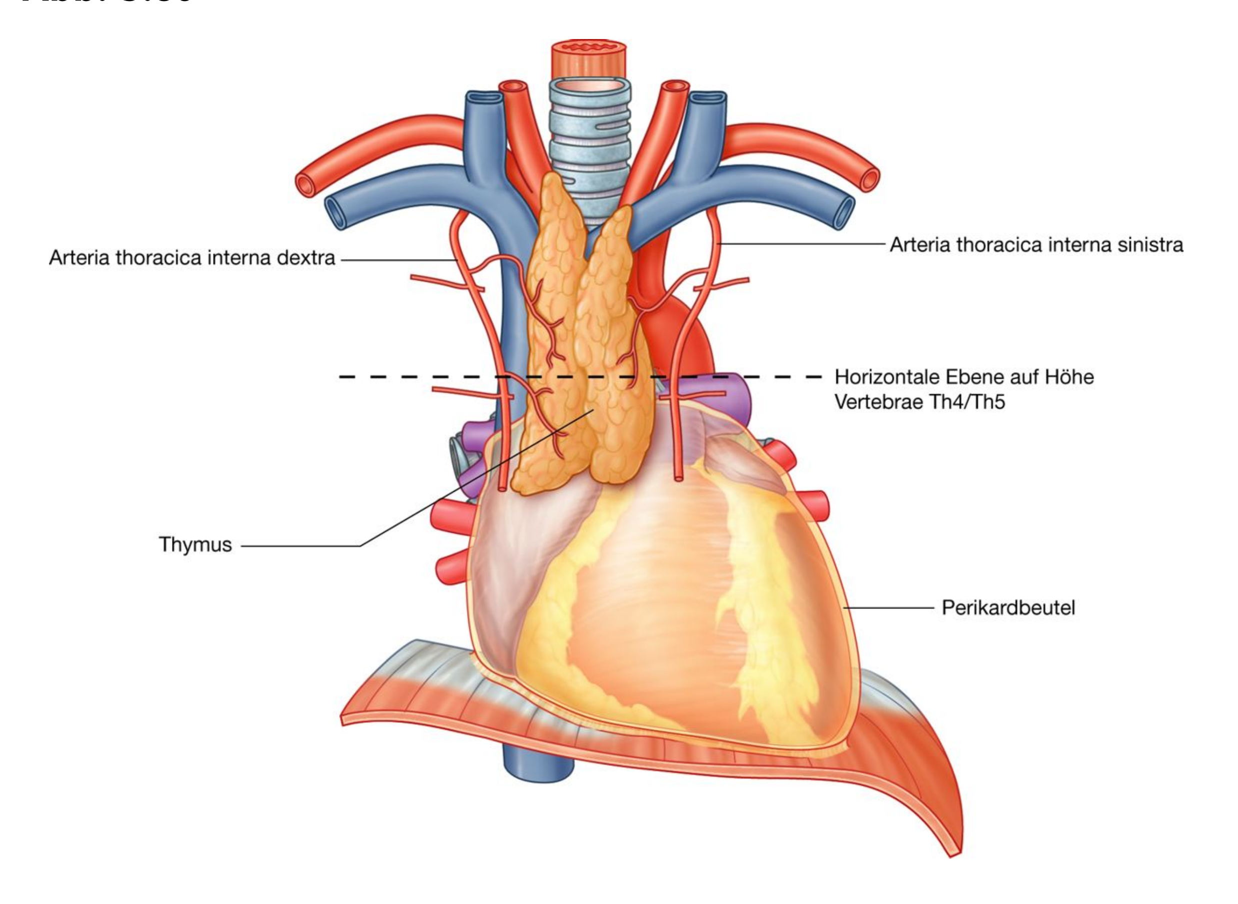
Strukturen im oberen Mediastinum.

Abb. 3.79



Horizontalschnitt durch das Mediastinum superius auf Höhe des dritten Thorakalwirbels. **A**. Zeichnung. **B**. Axiale Computertomographie.

Abb. 3.80



Thymus.

187

188

Klinik

Ektopische Nebenschilddrüsen

(Glandulae parathyreoideae) im Thymus

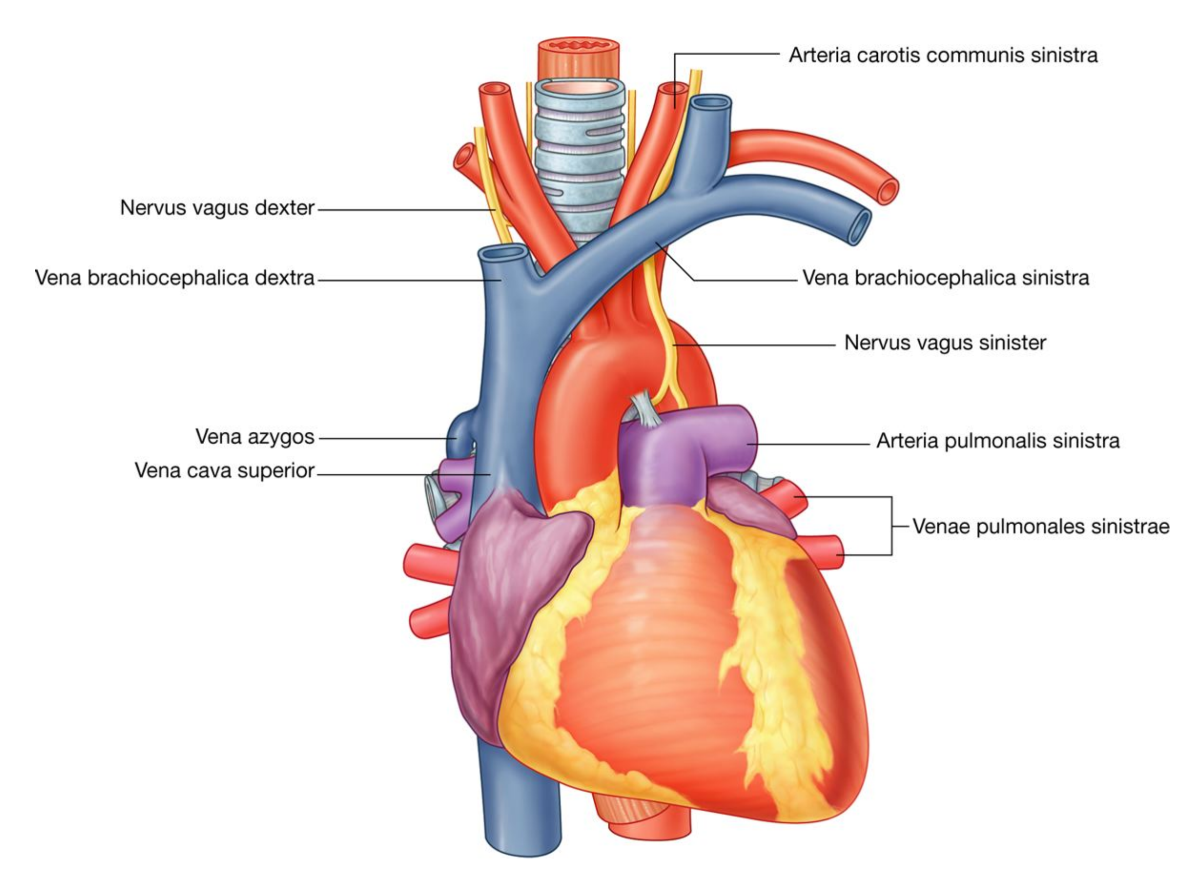
Die beiden unteren Nebenschilddrüsen entstehen aus der dorsalen Ausstülpung der 3. Schlundtasche, sie steigen mit dem Thymus (aus dem ventralen Entoderm der 3. Schlundtasche und aus Ektoderm der 3. Schlundfurche) zusammen abwärts und legen sich in der Regel dem unteren Pol der Schilddrüsenlappen an, können aber auch ektopisch liegen (z. B. am Thymus oder an einem anderen Ort im Mediastinum). Der Thymus ist daher eine häufige Lokalisation für ektopische Nebenschilddrüsen und die ektopische Produktion von Nebenschilddrüsenhormonen. Darüber hinaus können akzessorische Nebenschilddrüsen vorkommen.

Venae brachiocephalicae dextra und sinistra

Die Venae brachiocephalicae dextra und sinistra liegen unmittelbar hinter dem Thymus. Sie gehen auf beiden Seiten jeweils aus dem Zusammenfluss der Vena jugularis interna und der Vena subclavia hervor (Abb. 3.78). Die Vena brachio-cephalica sinistra überkreuzt die

Mittellinie und schließt sich mit der Vena brachiocephalica dextra zur oberen Hohlvene (Vena cava superior) zusammen (Abb. 3.81).

Abb. 3.81



Oberes Mediastinum (Thymus entfernt).

- Die **Vena brachiocephalica dextra** beginnt hinter dem medialen Ende der rechten Clavicula, verläuft senkrecht nach kaudal und bildet die Vena cava superior, wenn sie sich mit der Vena brachiocephalica sinistra zusammenschließt. Venöse Zuflüsse kommen aus den Wirbelkörpern, der Vena intercostalis posterior prima und der Vena thoracica interna. Die Vena thyroidea inferior und die Thymusvenen drainieren ebenfalls häufig in die Vena brachiocephalica dextra.

188

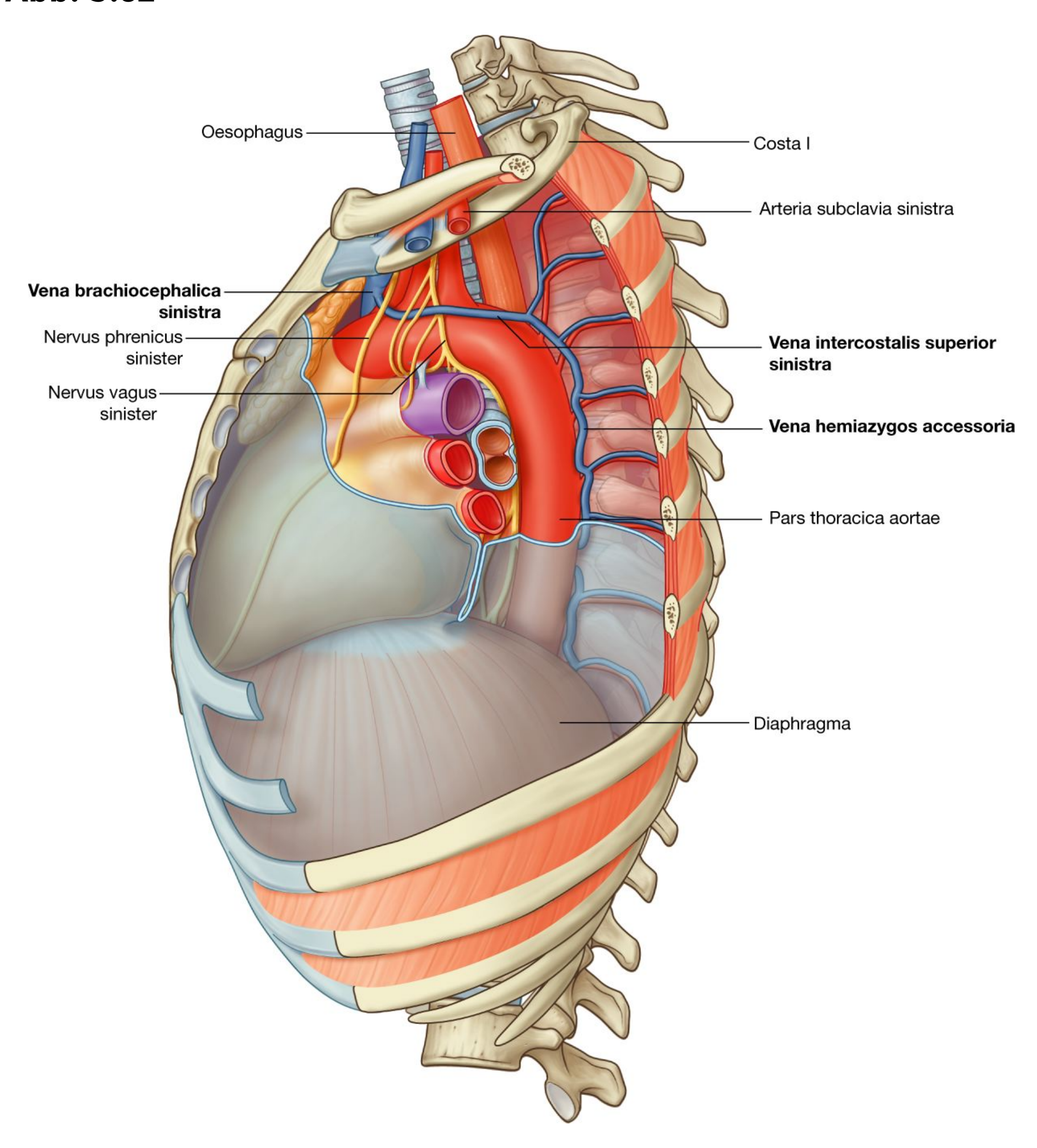
189

- Die **Vena brachiocephalica sinistra** beginnt hinter dem medialen Ende der linken Clavicula. Sie zieht nach rechts und steigt dabei schräg nach kaudal ab. Am Zusammenfluss mit der Vena brachiocephalica dextra geht aus den beiden Gefäßen die Vena cava superior hervor, die am Unterrand des ersten Rippenknorpels nahe der rechten Sternumgrenze liegt. Zuflüsse kommen aus den Wirbeln, der Vena intercostalis superior, Vena thyroidea inferior und der Vena thoracica interna. Außerdem können Thymusvenen und Venen des Perikards einmünden.

Vena intercostalis superior sinistra

In die **Vena intercostalis superior** sinistra münden die oberen zwei oder drei linken Interkostalvenen ein, gewöhnlich die Venae bronchiales sinistrae und manchmal die Vena pericardiacophrenica sinistra. Das Gefäß zieht auf der linken Seite über den Aortenbogen. Es liegt dabei lateral vom Nervus vagus sinister und medial vom Nervus phrenicus sinister, bevor es in die Vena brachiocephalica sinistra einmündet (Abb. 3.82). Kaudal kann es mit der **Vena hemiazygos accessoria (Vena hemiazygos superior)** in Verbindung stehen.

Abb. 3.82



Vena intercostalis superior sinistra.

Vena cava superior

Die senkrecht verlaufende Vena cava superior beginnt dorsal hinter dem Unterrand des ersten Rippenknorpels an der Stelle, an der sich die beiden Venae brachiocephalicae vereinigen. Sie endet auf Höhe des Unterrandes des dritten Rippenknorpels. Hier mündet sie in den rechten Vorhof ein (Abb. 3.78).

Die untere Hälfte der Vena cava liegt innerhalb des Perikardbeutels und gehört daher zum mittleren Mediastinum.

Die Vena cava superior nimmt die Vena azygos unmittelbar vor ihrem Eintritt in den Perikardbeutel auf. Darüber hinaus können die Venae pericardiacae und Venae mediastinales in sie einmünden.

Die Vena cava superior bildet die rechte obere und laterale Grenze des Mediastinums und kann auf Röntgenaufnahmen der Brust gut abgegrenzt werden (Abb. 3.60A).

Klinik

Venöse Zugänge für zentrale oder Dialysekatheter

Die großen systemischen Venen werden häufig als Zugangswege zur Verabreichung von großen Flüssigkeitsmengen, Medikamenten und Blut genutzt. Die meisten dieser Katheter werden über eine Punktion der Venae axillaris, subclavia oder jugularis interna eingeführt. Die Katheter werden anschließend über die Hauptvenenstämme des oberen Mediastinums vorgeschoben. Die Katheterspitze kommt gewöhnlich im distalen Anteil der Vena cava superior oder im rechten Vorhof zu liegen (die großen Venen besitzen keine Venenklappen!).

Ähnliche Systeme, wie Dialysekatheter, werden bei Patienten mit Niereninsuffizienz eingebracht, um große Blutvolumen über einen Zugang abzuführen, außerhalb des Körpers in einem Dialysegerät zu reinigen und anschließend über einen zweiten Zugang dem Patienten wieder zuzuführen.

Klinik

Über die obere in die untere Hohlvene

Da Vena cava superior und Vena cava inferior entlang einer gemeinsamen vertikalen Achse liegen, können Führungsdrähte, Katheter oder andere Systeme von der oberen Hohlvene über den rechten Vorhof in die untere Hohlvene eingebracht werden. Genutzt wird dieser Weg bei Eingriffen wie

- transjugulärer Leberbiopsie,
- transjugulärem intrahepatischen portosystemischen Shunt (TIPS),

- Einsatz eines Vena-cava-inferior-Filters (bei Patienten mit tiefer Beinvenenthrombose [DVT – deep vein thrombosis], um abgegangene Emboli aufzufangen und eine Lungenemboli zu verhindern).

Aortenbogen (Arcus aortae) und seine Äste

Der thorakale Anteil der Aorta wird in **Pars ascendens aortae, Arcus aortae** und **Pars descendens aortae** (Pars thora-cica aortae) aufgeteilt. Nur der Aortenbogen liegt im oberen Mediastinum. Er beginnt an der Stelle, an der die Aorta ascendens aus dem Perikardbeutel hervorgeht. Anschließend zieht er nach kranial hinten links, verläuft durch das obere Mediastinum und zieht weiter nach kaudal hinten links bis auf Höhe der Wirbel Th4/Th5 (Abb. 3.78). Der höchste Punkt des Aortenbogens liegt etwa in der Mitte des Manubrium sterni. Sein aufsteigender Anteil liegt vor der Trachea, sein absteigender Anteil liegt lateral links von der Trachea.

Am höchsten Punkt verlassen drei Äste den Aortenbogen; alle drei Äste werden ventral von der Vena brachiocephalica sinistra überkreuzt (Abb. 3.81).

Erster Ast

Als erster Ast geht auf der rechten Seite der **Truncus brachio-cephalicus** aus dem Aortenbogen ab (Abb. 3.83). Er ist der größte der drei Äste und liegt an seinem Ursprungspunkt hinter dem Manubrium sterni etwas vor den anderen beiden Ästen. Der Truncus brachiocephalicus verläuft leicht nach dorsal und rechts. Auf Höhe des rechten Sternoklavikular-gelenks teilt er sich auf in Die beiden Arterien dienen hauptsächlich der Blutversorgung des rechten Kopf-Hals-Bereichs (Arteria carotis communis) sowie der gesamten rechten oberen Extremität (Arteria subclavia).

- **Arteria carotis communis dextra** und
- **Arteria subclavia dextra** (Abb. 3.78).

190
191

Gelegentlich geht aus dem Truncus brachiocephalicus ein kleiner Ast zur Schilddrüse ab, die **Arteria thyroidea ima**.

Zweiter Ast

Der zweite Ast des Aortenbogens ist die **Arteria carotis communis sinistra** (Abb. 3.83). Sie geht direkt links hinter dem Truncus brachiocephalicus ab und steigt durch das obere Mediastinum links lateral der Trachea auf.

Die Arteria carotis communis sinistra versorgt die linke Seite des Kopf-Hals-Bereichs mit Blut.

Dritter Ast

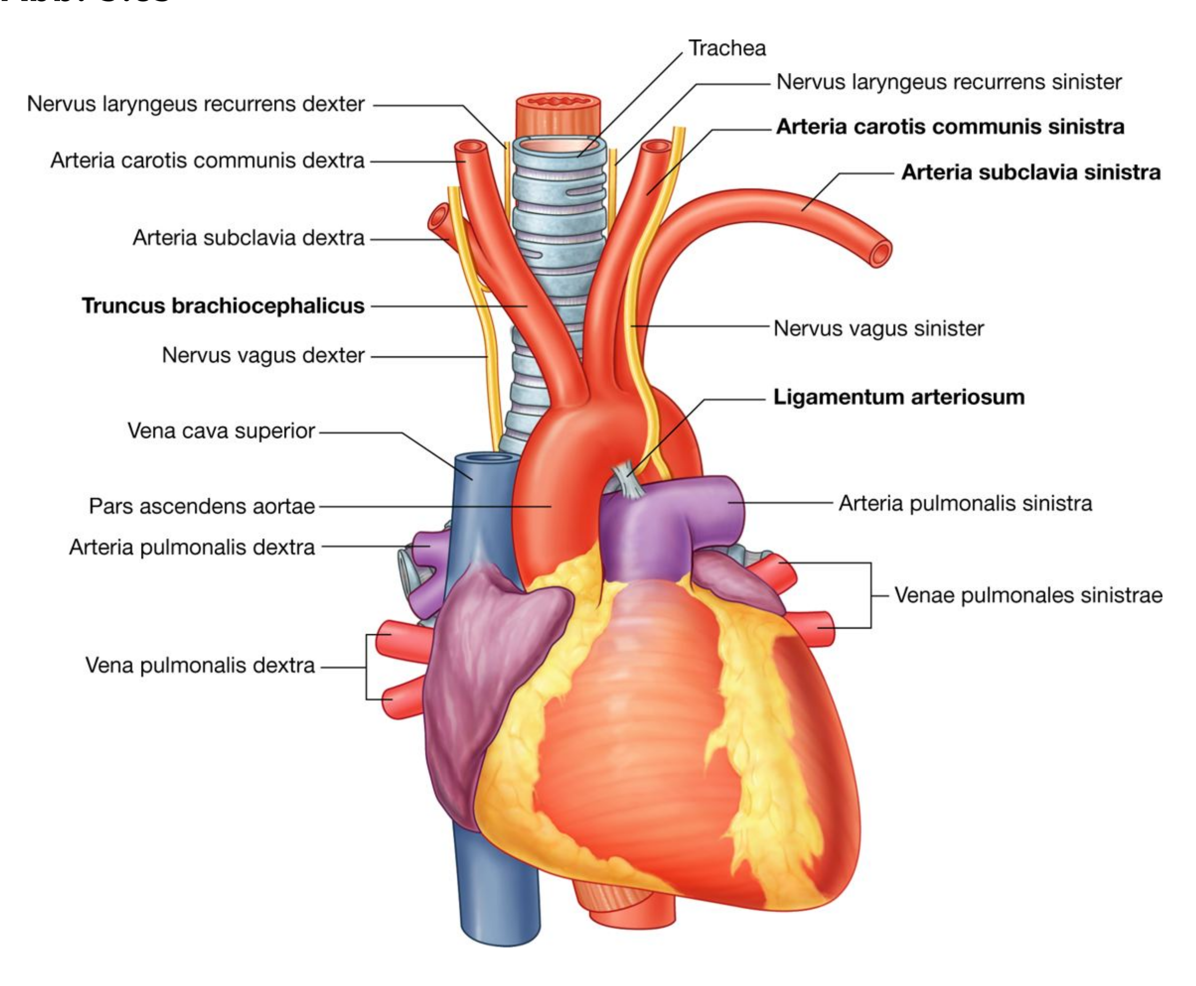
Der dritte Ast des Arcus aortae ist die **Arteria subclavia sinistra** (Abb. 3.83). Sie geht unmittelbar links sowie etwas dorsal der Arteria carotis communis ab und steigt anschließend auf der linken Seite von der Trachea durch das obere Mediastinum nach kranial auf.

Die Arteria subclavia sinistra ist das Hauptgefäß zur Blutversorgung der linken oberen Extremität.

Ligamentum arteriosum (Botalli)

Das **Ligamentum arteriosum** ist der obliterierte **Ductus arteriosus (Botalli)**, der im fetalen Kreislaufs den größten Teil des Bluts aus dem Truncus pulmonalis direkt in die Aorta und damit an der noch nicht entfalteten Lunge vorbeigeführt hat. Der Ductus arteriosus verschließt sich kurz nach der Geburt und bildet sich zum Ligamentum arteriosum des Erwachsenen zurück. Das Band liegt somit im oberen Mediastinum und verbindet den Truncus pulmonalis mit der Pars descendens des Aortenbogens (Abb. 3.83).

Abb. 3.83



Oberes Mediastinum – Thymus und Venen entfernt.

192

Klinik

Aortenisthmusstenose (Koarktation der Aorta)

Eine Aortenisthmusstenose ist eine kongenitale Anomalie, bei der das Aortenlumen unmittelbar hinter dem Abgang der linken Arteria subclavia eingeschnürt wird. An dieser Stelle ist das Aortenlumen signifikant verengt mit resultierender mangelhafter Blutversorgung des Abdomens und der unteren Extremitäten. Besteht die Aortenisthmusstenose über einen gewissen Zeitraum, bilden sich Kollateralkreisläufe entlang der Brustwand und dem Abdomen aus, um den unteren Körperbereich mit Blut zu versorgen. Die Koarktation betrifft außerdem das Herz, das einen wesentlich höheren Perfusionsdruck aufbauen muss, um die unteren Körperregionen mit Blut zu versorgen. Dies führt wiederum zum Herzversagen.

Klinik

Pars thoracica aortae

Eine diffuse Arteriosklerose der Aorta thoracica kann bei Patienten mit Gefäßerkrankungen auftreten; sie führt aber selten zu Symptomen. Allerdings gibt es zwei klinische Situationen, in denen eine solche Aortenpathologie zu lebensbedrohlichen Zuständen führen kann.

Trauma

Die Aorta besitzt drei Fixationspunkte:

- Aortenklappe
- Ligamentum arteriosum
- Verlaufsstelle hinter den beiden Zwerchfellschenkeln.

Der Rest der Aorta (einschließlich der segmentalen Abgänge der Interkostalarterien) liegt relativ unbefestigt zu den anderen Strukturen im Mediastinum. Ein schweres Dezelerationstrauma (beispielsweise bei einem Verkehrsunfall) kann an den Fixationspunkten der Aorta leicht zu traumatischen Läsionen führen.

Aortenaneurysma (Aortendissektion)

Unter bestimmten Bedingungen, wie einer ausgeprägten Arteriosklerose, kann die Aortenwand der Länge nach von innen zwischen der Intima und Media einreißen. Der hohe Blutdruck in der Aorta gräbt sich einen Tunnel innerhalb der Media, der blind enden oder weiter distal wieder Anschluss an das natürliche Lumen der Aorta finden kann. Tritt ein solches Aneurysma in der Aorta ascendens auf, kann der Blutfluss zu den Koronararterien oder zu den Hirnarterien (via Arteriae carotides) eingeschränkt oder unterbrochen werden mit daraus resultierendem Herzinfarkt oder Schlaganfall. Tritt ein solches Aneurysma im abdominalen Bereich der Aorta auf, können die hier betroffenen Gefäßabgänge zu einem

Darm- oder Nieren-infarkt führen. Schließlich kann ein Aortenaneurysma rupturieren. Hierbei stirbt ein Großteil der betroffenen Patienten an den Folgen der massiven Blutung und des Schockgeschehens.

Klinik

Gefäßvarianten

Gelegentlich treten Gefäßvariationen auf, die der Arzt kennen muss:

- Gemeinsamer Ursprung des Truncus brachiocephalicus und der Arteria carotis communis sinistra
- Direkter Abgang der Arteria vertebralis sinistra aus dem Aortenbogen
- Abgang der Arteria subclavia dextra als letzter Ast aus dem Aortenbogen – hinter der Arteria subclavia sinistra auf der linken Seite – (sog. **Arteria lusoria)** und Verlauf hinter der Speiseröhre oder zwischen Speiseröhre und Trachea auf die rechte Seite zum rechten Arm, wodurch Schluckstörungen möglich sind.

192

193

Klinik

Anomalien des Aortenbogens

Gelegentlich kann es zu einem nach rechts gerichteten (spiegelbildlich verdrehten) Aortenbogen kommen, der meist asymptomatisch bleibt. Ein solcher verdrehter Aortenbogen kann gemeinsam mit einer **Dextroposition** des Herzens oder im Rahmen eines **Situs inversus** totalis (spiegelbildliche Lage aller Brust- und Bauchorgane) auftreten. Die Äste des Aortenbogens verlaufen bei solchen Anomalien häufig ebenfalls nicht normal.

Trachea und Ösophagus

Die Trachea liegt in der Mittellinie und ist in der Fossa jugularis tastbar, bevor sie in das obere Mediastinum eintritt. Hinter der Trachea und unmittelbar vor der Wirbelsäule liegt der Ösophagus (Abb. 3.84 sowie Abb. 3.78 und 3.79). Trachea und Ösophagus sind in vertikaler Richtung im Bereich des oberen Mediastinums äußerst mobil und flexibel. *Schlucken und Atmung führen zu Positionsveränderungen. Solche Positionsveränderungen können auch im Rahmen von Erkrankungen der beiden Organe und bei Benutzung spezieller Instrumente (beispielsweise Endoskope) auftreten.*

In ihrem Verlauf durch das obere Mediastinum werden die Trachea und der Ösophagus auf der rechten Seite von der Vena azygos und auf der linken Seite vom Aortenbogen überkreuzt.

Die Trachea teilt sich auf Höhe oder unmittelbar unterhalb einer gedachten horizontalen Ebene zwischen dem Angulus sterni und den Wirbeln Th4/Th5 in den rechten und linken Hauptbronchus auf (Abb. 3.85). An dieser Stelle setzt der Ösophagus seinen Weg kaudal in das Mediastinum posterius fort.

Nerven des oberen Mediastinums

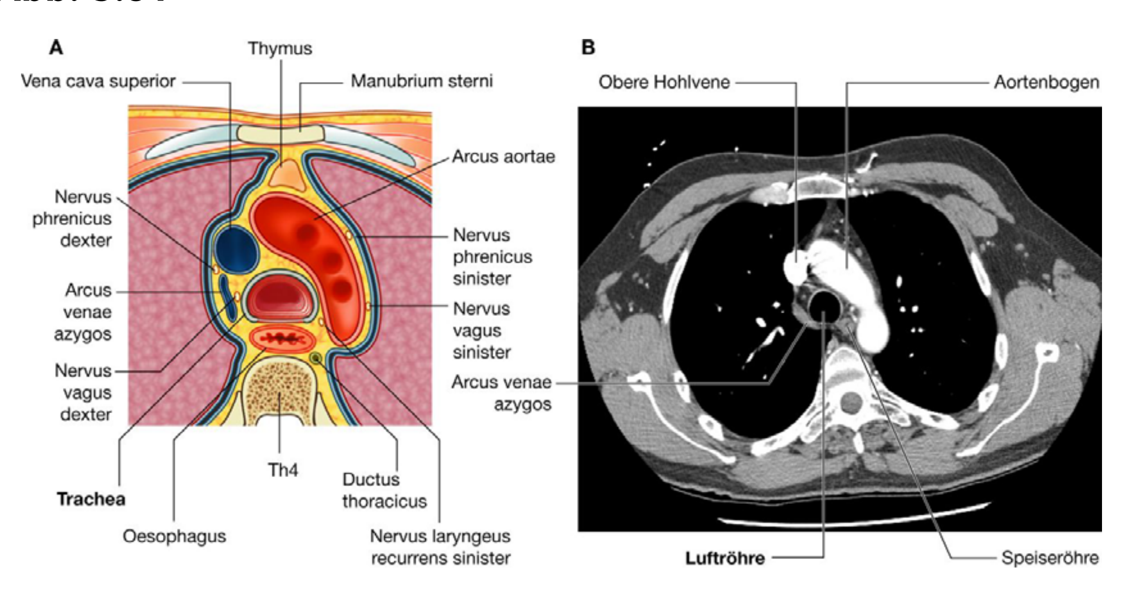
Nervi vagi

Die **Nervi vagi** (X) ziehen auf ihrem Weg zur Bauchhöhle durch das Mediastinum superius und das Mediastinum posterius. Innerhalb des Thorax geben sie efferente parasympathische Fasern zu den inneren Organen ab und leiten viszerale Afferenzen von den Brustkorbstrukturen zum Rückenmark zurück. Die Afferenzen informieren das Zentralnervensystem über physiologische Prozesse und Reflexaktivitäten; sie leiten aber keine Schmerzsensationen.

Nervus vagus dexter

Der **rechte Nervus vagus** verläuft nach Eintritt in das obere Mediastinum zwischen Vena brachiocephalica dextra und Truncus brachiocephalicus. Er steigt in kaudaler Richtung entlang der Trachea ab (Abb. 3.86), überkreuzt deren laterale Oberfläche, tritt hinter den rechten Hauptbronchus und erreicht hier die Speiseröhre. Kurz vor Erreichen der Speiseröhre wird der Nerv von der Vena azygos überkreuzt.

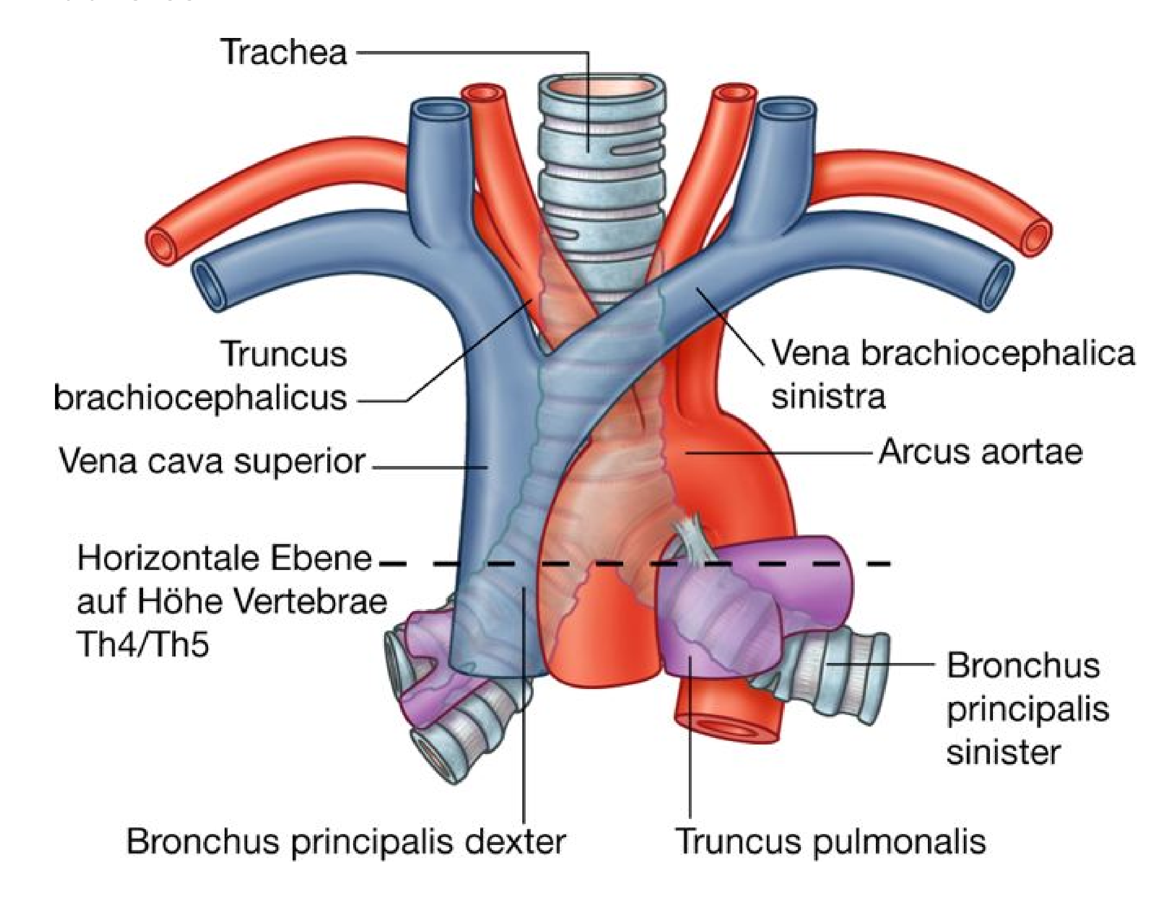
Abb. 3.84



Horizontalschnitt durch das Mediastinum superius auf Höhe Vertebra Th4. **A**. Graphische Darstellung. **B**. Axiale Computertomographie.

193

Abb. 3.85



Trachea im oberen Mediastinum.

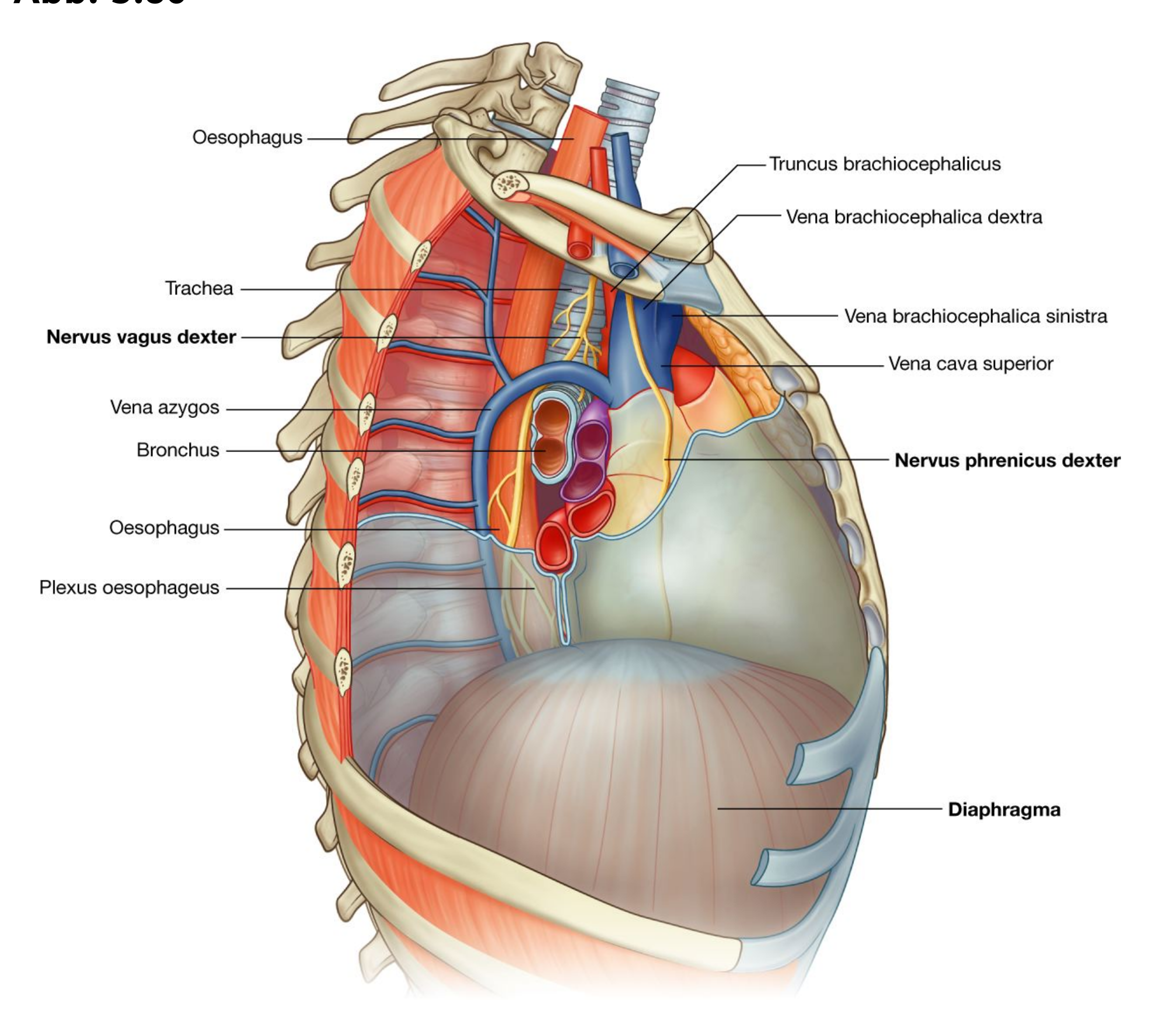
Auf seinem Weg durch das obere Mediastinum gibt der Nervus vagus dexter Äste zum Ösophagus, zum Plexus cardiacus und zum Plexus pulmonalis ab.

Nervus vagus sinister

Der **linke Nervus vagus** tritt hinter der linken Vena brachiocephalica in das obere Mediastinum ein und verläuft zunächst zwischen linker Arteria carotis communis und linker Arteria subclavia (Abb. 3.87). Im oberen Mediastinum liegt der Nerv unterhalb der Pars mediastinalis der Pleura parietalis und überkreuzt den linksseitigen Anteil des Aortenbogens. Anschließend zieht der Nerv in kaudal dorsaler Richtung hinter der linken Lungenwurzel entlang bis zur Speiseröhre im Mediastinum posterius.

Auf seinem Weg durch das obere Mediastinum gibt der Nervus vagus sinister Äste zum Ösophagus, zum Plexus cardiacus und zum Plexus pulmonalis ab.

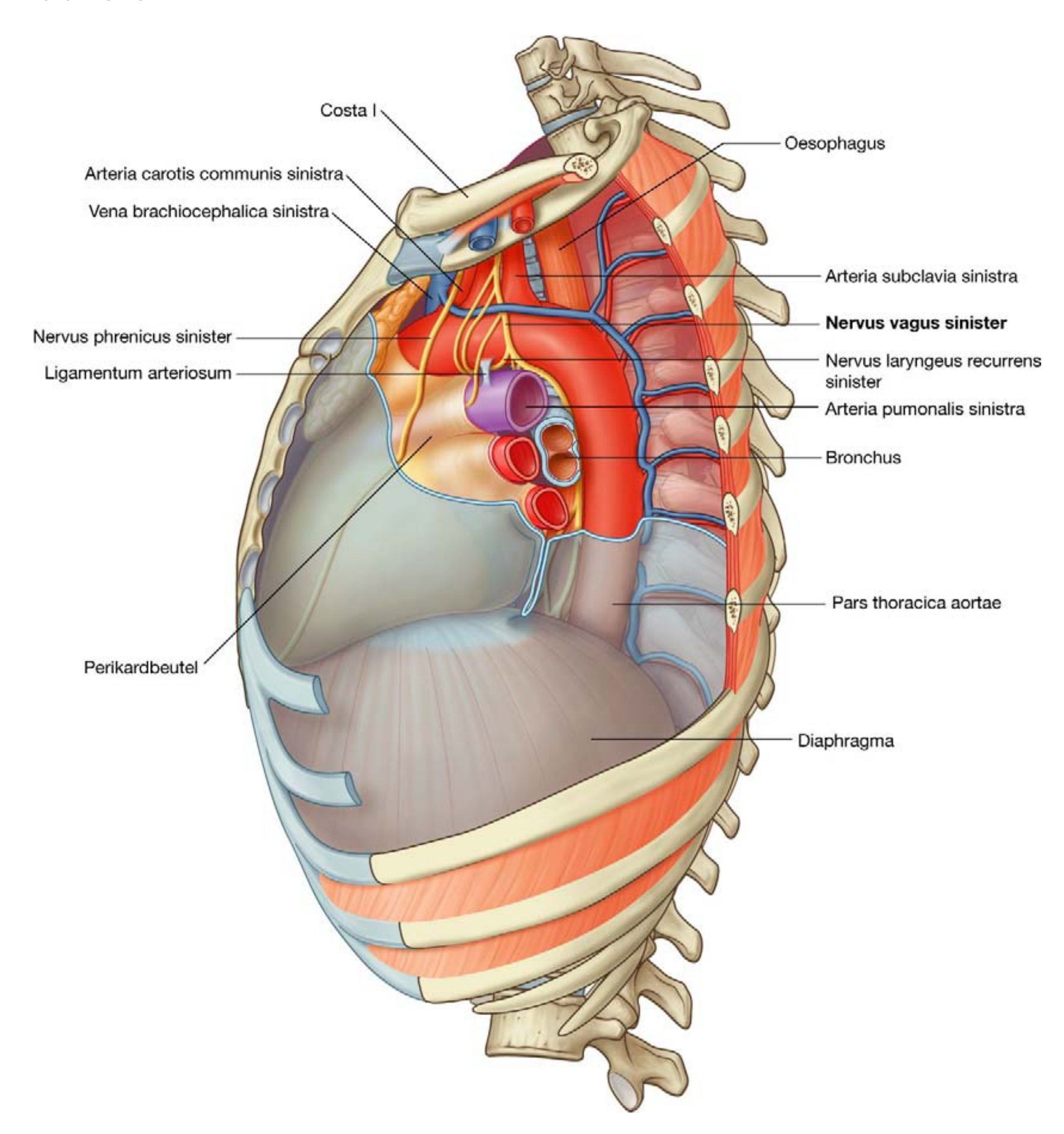
Abb. 3.86



Verlauf des rechten Nervus vagus durch das obere Mediastinum.

194

Abb. 3.87



Verlauf des linken Nervus vagus im oberen Mediastinum.

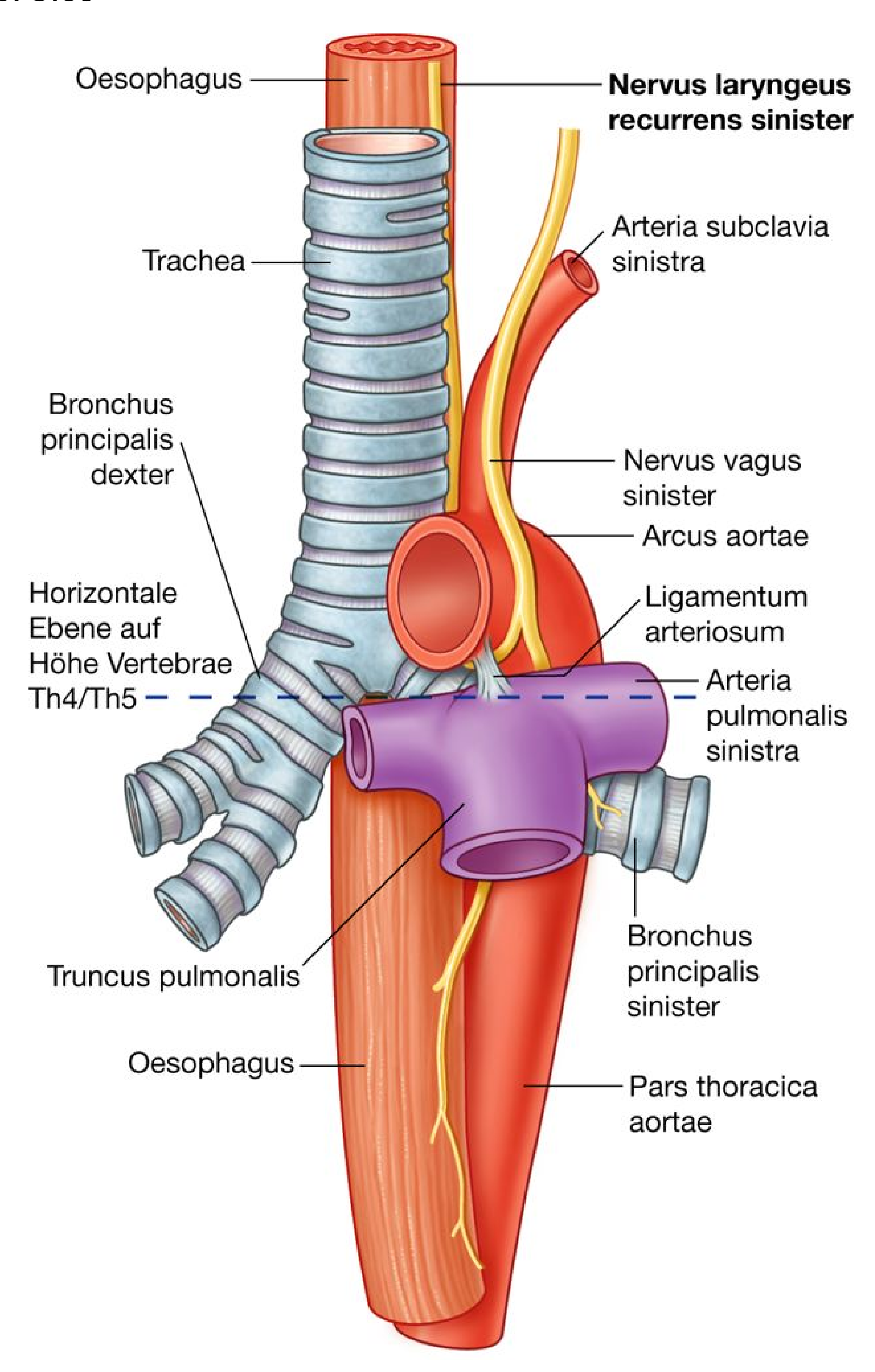
Am Unterrand des Aortenbogens etwas lateral des Ligamentum arteriosum geht vom Nervus vagus sinister der **Nervus laryngeus recurrens sinister** ab. Der Nervus recurrens läuft kaudal um den Aortenbogen herum, steigt an dessen Rückfläche wieder auf und zieht anschließend in einer Rinne zwischen Trachea und Ösophagus durch den Hals bis zum Kehlkopf (Abb. 3.88).

Nervi phrenici

Die Nervi phrenici gehen überwiegend aus dem vierten Spinalnervensegment mit Anteilen aus drittem und fünftem Segment des Plexus cervicalis hervor.

Die beiden Nerven steigen durch den Thorax zur motorischen und sensorischen Innervation des Zwerchfells ab. Afferente Fasern kommen von der Pleura parietalis (Partes mediastinalis und diaphragmatica), vom Perikard und vom Peritoneum.

Abb. 3.88



Verlauf des Nervus laryngeus recurrens sinister durch das obere Mediastinum.

Nervus phrenicus dexter

Der **Nervus phrenicus dexter** tritt lateral vom rechten Nervus vagus sowie lateral und etwas hinter dem Ursprung der rechten Vena brachiocephalica in das obere Mediastinum ein (Abb. 3.86). Er zieht entlang der rechten Seite dieser Vene sowie der Vena cava superior weiter kaudalwärts.

Beim Eintritt in den mittleren Anteil des unteren Mediastinums legt er sich vor dem Lungenhilum der lateralen Fläche des Perikards an und liegt hier im Bindegewebe zwischen Pleura parietalis (Pars mediastinalis) und Pericardium fibrosum. Die Vasa pericardiacophrenicae begleiten den Nervus phrenicus größtenteils in seinem Verlauf durch den Thorax (Abb. 3.54). Der Nerv verlässt den Thorax beim Durchtritt durch das Zwerchfell gemeinsam mit der Vena cava inferior.

Nervus phrenicus sinister

Der **Nervus phrenicus** verläuft auf **der linken Seite** wie der Nerv auf der rechten Seite. Er liegt bei seinem Eintritt in das obere Mediastinum lateral des Nervus vagus sinister sowie lateral und etwas dorsal vom Ursprung der Vena brachiocephalica sinistra (Abb. 3.82). Anschließend zieht er kaudal weiter über die linke Oberfläche des Aortenbogens zum Herzbeutel. Dabei liegt er ventral vom Nervus vagus und von der Vena intercostalis superior. Im mittleren Anteil des unteren Mediastinums steigt der Nerv wie auf der rechten Seite vor der Lungenwurzel ab und wird von den Vasa pericardiacophrenicae begleitet (Abb. 3.54). Nahe der Herzspitze tritt er in das Zwerchfell ein.

Klinik

Nervi vagi, Nervi laryngei recurrentes und Heiserkeit

Der Nervus laryngeus recurrens sinister ist ein Ast des Nervus vagus sinister. Er verläuft zwischen der Arteria pulmonalis und der Aorta, einem Gebiet, das in der Klinik als **aortopulmonales Fenster** bezeichnet wird. Der Nerv kann im Rahmen pathologischer Veränderungen in diesem Bereich geschädigt werden. Eine Kompression des Nervs geht mit Stimmlippenlähmung und Heiserkeit einher. Häufige Ursache für eine Kompression sind Lymphknotenmetastasen bei Lungenkarzinom. Bei jedem Patienten mit Heiserkeit wird daher gewöhnlich eine Röntgenaufnahme des Thorax angefertigt.

Auf der rechten Seite geht der Nervus laryngeus recurrens weiter kranial vom Nervus vagus ab und zieht von ventral nach dorsal um die Arteria sub-clavia herum. Bei Patienten mit Heiserkeit, die im Rahmen der Laryngoskopie eine rechtsseitige Stimmlippenlähmung zeigen, sollte besonderes Augenmerk auf die rechte Lungenspitze gerichtet werden. Hier kommen häufig Lungenkarzinome (sog. **Pancoast-Tumoren**) vor.

Ductus thoracicus im oberen Mediastinum

Der **Ductus thoracicus** ist das größte Lymphgefäß des Körpers. Er verläuft im hinteren Anteil des oberen Mediastinums (Abb. 3.79 und 3.84).

- Aus dem hinteren unteren Mediastinum kommend, tritt er von unten auf Höhe Vertebra Th4/Th5 meist etwas links von der Mittellinie in das obere Mediastinum ein und
- zieht hinter dem Arcus aortae und dem Anfangsteil der Arteria subclavia sinistra zwischen Speiseröhre und Pars mediastinalis der Pleura parietalis aufwärts.

196
197

Mediastinum posterius

Das hintere Mediastinum liegt hinter dem Perikardbeutel und teilweise hinter dem Zwerchfell sowie vor dem mittleren und unteren Abschnitt der Brustwirbelsäule (Abb. 3.52).

- Die obere Grenze ist eine horizontale Ebene durch die Anguli sternales bis zum Discus articularis zwischen den Wirbelkörpern Th4/Th5.
- Die untere Grenze ist das Zwerchfell.
- Lateral wird das Mediastinum posterius beidseits von den Partes mediastinales der Pleura parietalis begrenzt.
- Kranial geht es in das Mediastinum superius über.

Die Hauptstrukturen im Mediastinum posterius sind

- Ösophagus und der assoziierte Nervenplexus,
- Aorta thoracica und ihre Äste,
- Ductus thoracicus sowie assoziierte Lymphknoten,
- Trunci sympathici und
- Nervi splanchnici.

Ösophagus

Die Speiseröhre ist ein muskulärer Schlauch, der den Pharynx im Hals mit dem Magen im Abdomen verbindet. Die Speiseröhre beginnt am dorsalen Unterrand des Ringknorpels (Cartilago cricoidea) gegenüber Vertebra C6 und endet an der Pars cardiaca des Magens auf Höhe Vertebra Th11.

Der Ösophagus steigt vor den Corpora vertebrae normalerweise genau in der Mittellinie innerhalb des Thorax ab (Abb. 3.89). Im kaudalen Bereich zieht die Speiseröhre nach ventral links und tritt vor die Aorta thoracica. Anschließend erfolgt der Durchtritt durch das

Zwerchfell am Hiatus oesophageus, einer Öffnung in der Pars muscularis des Zwerchfells etwa auf Höhe des Wirbelkörpers Th10.

Durch ihren Verlauf auf der Wirbelsäule (Halslordose, Brustkyphose) besitzt die Speiseröhre eine ventral-dorsale Krümmung. Fixationspunkte bestehen kranial im Bereich des Krikoids und kaudal beim Durchtritt durch das Zwerchfell.

Beziehung zu anderen Strukturen im Mediastinum posterius

Im hinteren Mediastinum steht die Speiseröhre mit verschiedenen wichtigen Strukturen in Verbindung. Die rechte Seite wird von der Pars mediastinalis der Pleura parietalis bedeckt.

Dorsal des Ösophagus verläuft der Ductus thoracicus. Im unteren Abschnitt liegt er meist mehr rechts hinter der Speiseröhre, im oberen Abschnitt mehr links. Auf der linken Seite hat die Speiseröhre Kontakt zur Aorta thoracica.

Ventral des Ösophagus liegen unterhalb der Trachealbifurkation die Arteria pulmonalis dextra sowie der linke Hauptbronchus.

Von Bedeutung ist, dass der Ösophagus unmittelbar hinter dem linken Vorhof, nur durch das Perikard getrennt, verläuft. Unterhalb des linken Vorhofs hat er Verbindung zum Zwerchfell.

Andere Strukturen hinter der Speiseröhre umfassen Anteile der Venae hemiazygos und hemiazygos accessoria, die rechtsseitigen Vasa intercostalia posteriora und nahe dem Zwerchfell die Aorta thoracica.

Als flexibler, muskulärer Schlauch kann der Ösophagus an vier Stellen von den umgebenden Strukturen eingeengt werden (Engstellen; Abb. 3.90):

- Im Hals am Übergang vom Pharynx in die Speiseröhre hinter dem Ringknorpel (obere Enge)
- Im oberen Mediastinum im Bereich der Überkreuzungsstelle durch den Aortenbogen
- Im hinteren Mediastinum im Bereich der Trachealbifurkation und des linken Hauptbronchus (mittlere Enge)
- Im hinteren Mediastinum am Hiatus oesophageus (untere Enge).

Die Engstellen sind klinisch relevant. Verschluckte Fremdkörper bleiben bevorzugt im Bereich der Engstellen hängen. Aufgenommene ätzende Substanzen (Laugen oder Basen) führen im Bereich der Engstellen zu größeren Schäden als im sonstigen Verlauf der Speiseröhre. Außerdem können die Engstellen im Rahmen klinischer Eingriffe beim Einbringen von Instrumenten Probleme verursachen.

Blutversorgung und Lymphabfluss

Arterielle Blutversorgung und venöser Abfluss des Ösophagus erfolgen im hinteren Mediastinum über zahlreiche Gefäße. Rami oesophageales gehen aus der Aorta thoracica, aus den Arteriae bronchiales und aus aufsteigenden Ästen der Arteria gastrica sinistra im Abdomen hervor.

Der venöse Abfluss erfolgt über kleine Äste zu den Venae azygos, hemiazygos und gastrica sinistra im Abdomen.

Die Lymphe wird im hinteren Mediastinum von Lymphgefäßen der Speiseröhre zu den Nodi lymphoidei mediastinales posteriores und gastrici sinistri drainiert.

Innervation

Die Innervation der Speiseröhre ist im Allgemeinen recht komplex. Sie wird von Ästen der Nervi vagi und der Trunci sympathici erreicht.

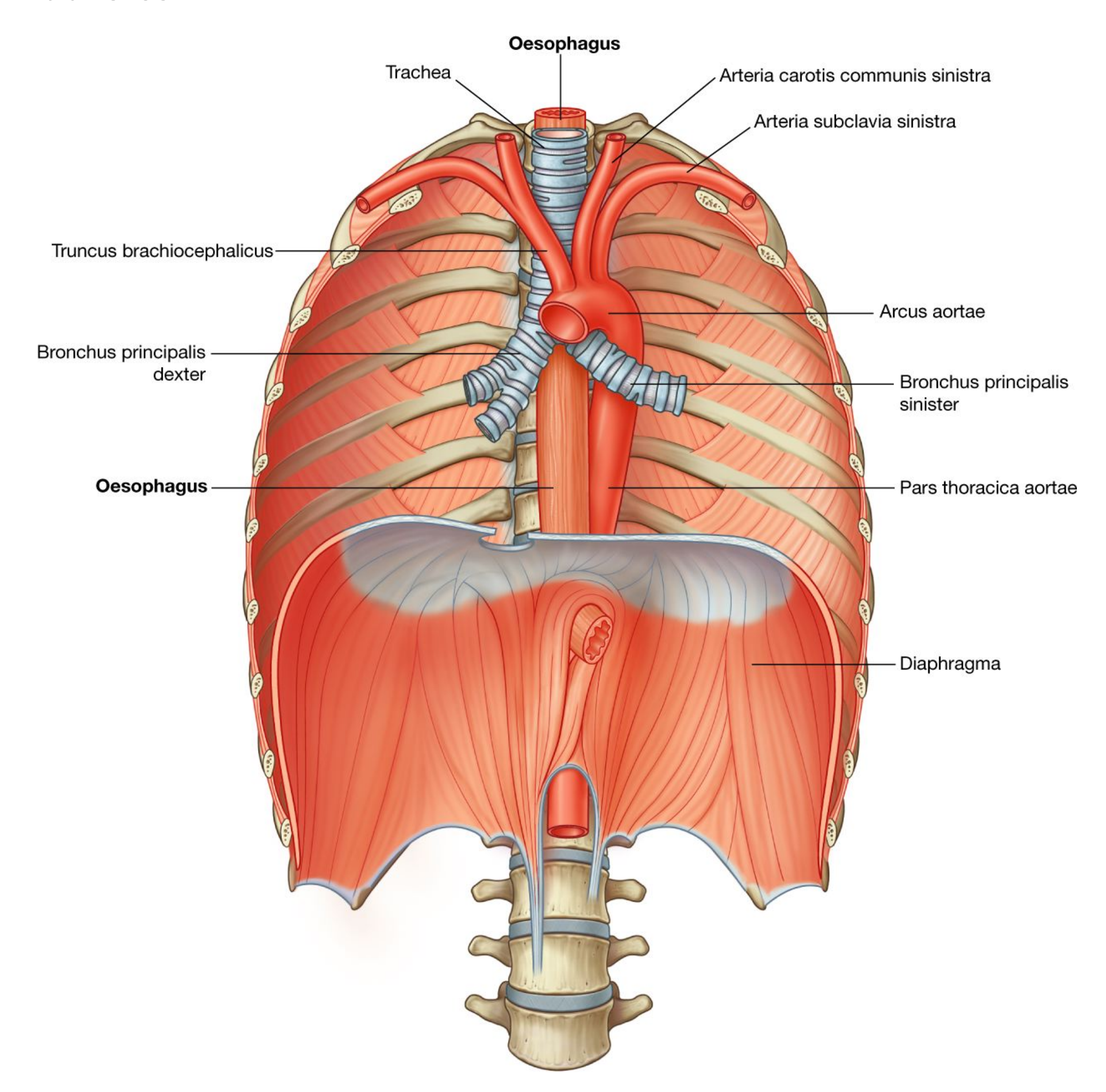
Quergestreifte Muskelfasern im oberen Anteil der Speiseröhre, die sich aus den Kiemenbögen entwickelt haben, werden über Efferenzen der Nervi vagi innerviert.

Die glatte Muskulatur wird durch parasympathische Fasern und damit über viszerale Efferenzen der Nervi vagi innerviert. Hierbei handelt es sich um präganglionäre Nervenfasern, die im Plexus myentericus (Auerbach) und Plexus submucosus (Meissner) in der Wand der Speiseröhre umgeschaltet werden.

Die sensorische Innervation erfolgt über viszeroafferente Fasern, die mit den Nervi vagi, Trunci sympathici und Nervi splanchnici ziehen.

197

Abb. 3.89



Ösophagus.

Die viszeralen Afferenzen in den Nervi vagi leiten Informationen über normale physiologische Prozesse und die Reflexaktivität der Speiseröhre zum ZNS. Sie führen keine Schmerzfasern.

Schmerz wird über viszerale Afferenzen, die in den Trunci sympathici und Nervi splanchnici verlaufen, an verschiedenen Ebenen des ZNS übermittelt.

Plexus oesophageus

Nachdem die Nervi vagi rechts und links hinter die Lungenwurzeln getreten sind, geben sie Äste zum Ösophagus ab. Die Äste verzweigen sich am Ösophagus und bilden den **Plexus oesophageus** (Abb. 3.91). Im Verlauf nach kaudal zum Zwerchfell tauschen der rechte und linke Nervus vagus innerhalb des Plexus oesophageus Fasern aus. Kurz vor Erreichen des Zwerchfells schließen sich die Fasern des Plexus zusammen und bilden zwei Trunci:

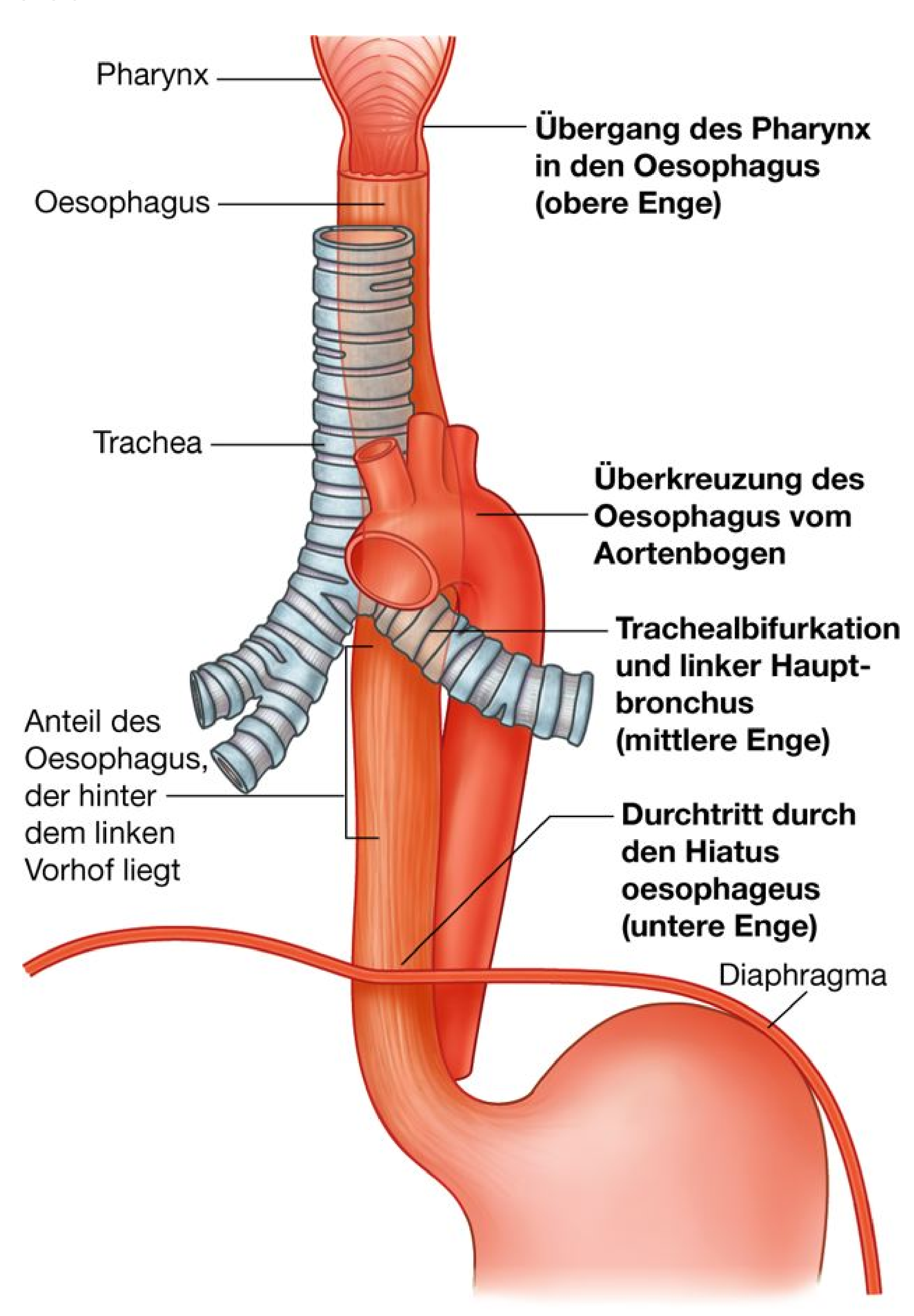
- Den **Truncus vagalis anterior** auf der Vorderfläche der Speiseröhre. Die Fasern entstammen größtenteils dem Nervus vagus sinister.
- Den **Truncus vagalis posterior** auf der Hinterfläche der Speiseröhre. Seine Fasern entstammen größtenteils dem Nervus vagus dexter.

Die Trunci vagales setzten ihren Verlauf beim Durchtritt durch den Hiatus oesophageus des Zwerchfells zum Abdomen fort.

198

199

Abb. 3.90



Engstellen der Speiseröhre.

Klinik

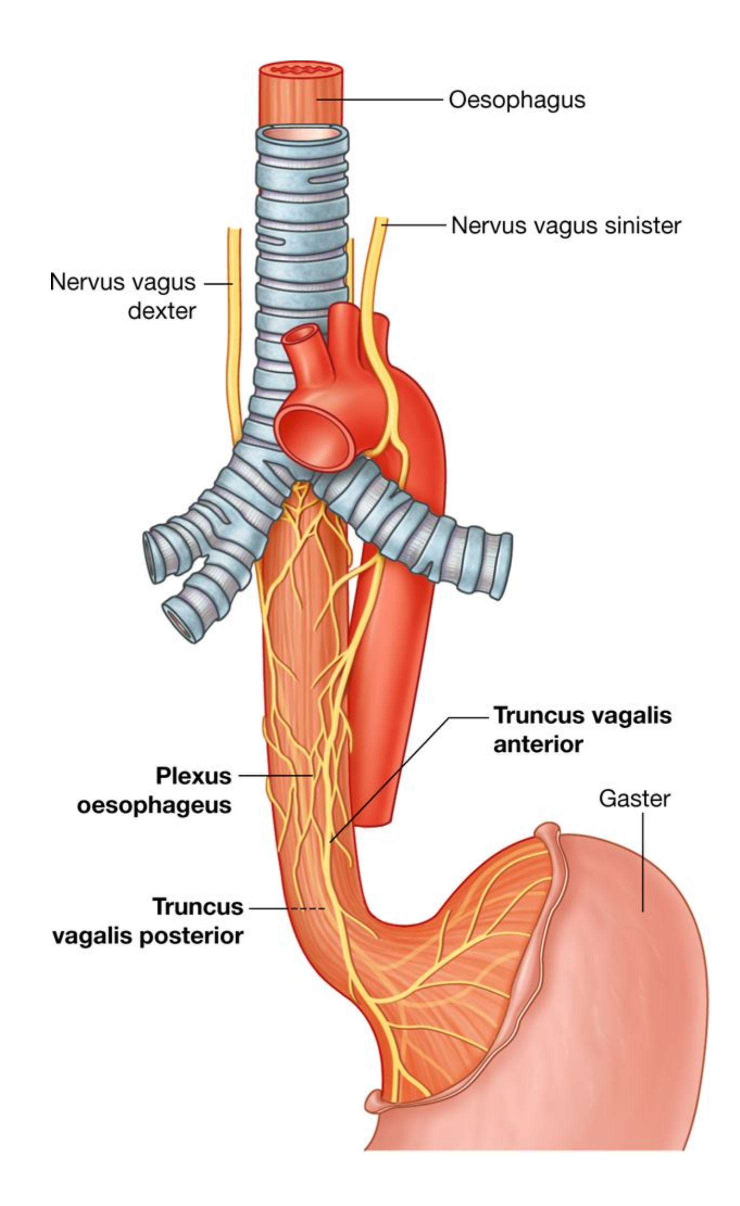
Ösophaguskarzinom

Wenn sich ein Patient mit einem Ösophaguskarzinom vorstellt, ist es wichtig herauszufinden, in welchem Anteil der Speiseröhre der Tumor lokalisiert ist, da die Tumorlokalisation die Krebsausbreitung beeinflusst.

Ein Ösophaguskarzinom metastasiert meist lymphogen in die Halslymphknoten oder in die Lymphknoten um den Truncus coeliacus. Um den Tumorsitz zu lokalisieren, werden endoskopische Verfahren und/oder Bariumsulfat, das als Breischluck verabreicht wird (anschließende Röntgenaufnahme), eingesetzt. Zum weiteren Staging sind häufig ein CT und ein MRT nötig.

Sobald die Ausdehnung des Karzinoms bestimmt ist, kann eine Therapie geplant werden.

Abb. 3.91



Plexus oesophageus.

Pars thoracica aortae

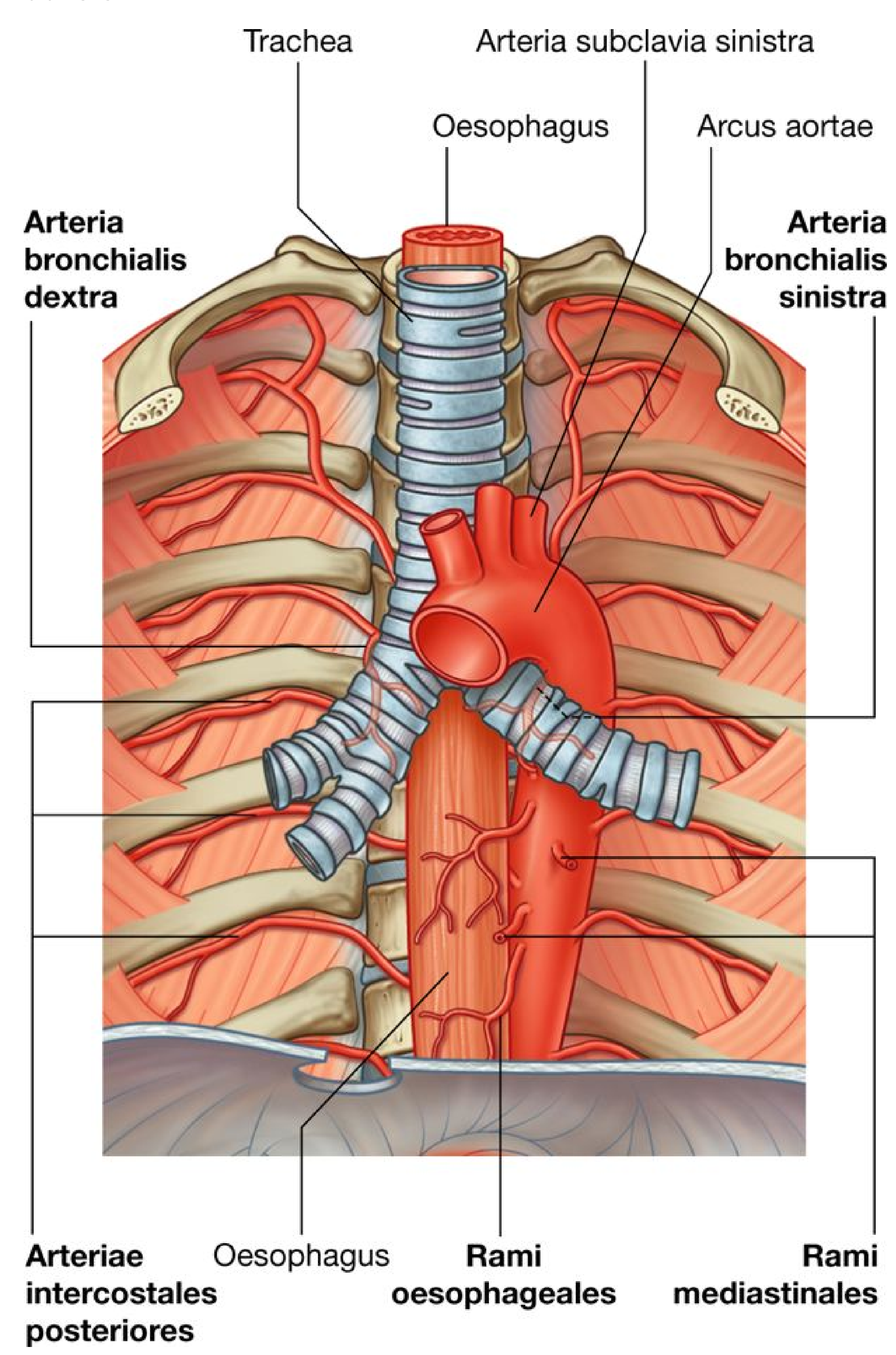
Der thorakale Anteil der Aorta descendens (Aorta thoracica) beginnt am Unterrand von Vertebra Th4 und geht aus dem Aortenbogen hervor. Er endet ventral vor dem Unterrand von Vertebra Th12. Hier tritt die Aorta hinter dem Zwerchfell durch den Hiatus aorticus. Im oberen Abschnitt liegt die Aorta thoracica links von den Wirbelkörpern; im unteren Abschnitt wendet sie sich immer weiter nach medial und liegt hier direkt vor den unteren thorakalen Wirbelkörpern (Abb. 3.92). In ihrem Verlauf gibt die Aorta thoracica eine Reihe verschiedener Äste ab, die in Tab. 3.4 zusammengefasst sind.

Vena-azygos-System

Das Vena-azygos-System besteht aus longitudinal angeordneten Venen auf beiden Körperseiten, die Blut von der Rumpfwand zur Vena cava superior drainieren. Zuflüsse erhält das System teilweise auch von den Thoraxorganen. Außerdem bestehen Anastomosen mit den Venen des Abdomens.

199

Abb. 3.92



Pars thoracica aortae mit ihren Ästen.

Tab. 3.4 Äste der Pars thoracica aortae

Äste	Ursprung und Verlauf
Rami pericardiaci	Wenige kleine Gefäße zur Hinterfläche des Perikardbeutels
Rami bronchiales	Variabel in Zahl, Durchmesser und Ursprung – gewöhnlich gibt es zwei linke Bronchialarterien aus der Aorta thoracica und eine rechte Bronchialarterie aus der dritten Arteria intercostalis posterior oder der linken oberen Bronchialarterie
Rami oesophageales	Vier oder fünf Gefäße aus der Vorderwand der Aorta thoracica, die eine kontinuierliche Anastomosenkette bilden – die Anastomosen schließen kranial Rami oesophageales der Arteria thyroidea inferior und kaudal Rami oesophageales der Arteria phrenica inferior sinistra sowie der Arteria gastrica sinistra ein
Rami mediastinales	Zahlreiche kleine Äste zu Lymphknoten, Blutgefäßen, Nerven und Bindegewebe des hinteren Mediastinums
Arteriae intercostales posteriores	In der Regel neun Arterienpaare, die aus der Hinterfläche der Aorta thoracica hervorgehen – gewöhnlich zur Blutversorgung der neun unteren Interkostalräume (die oberen beiden werden aus der Arteria intercostalis suprema, einem Ast des Truncus cervicalis, versorgt)
Arteriae phrenicae superiores	Kleine Gefäße aus dem unteren Anteil der Aorta thoracica, die den hinteren Anteil der Zwerchfelloberfläche mit Blut versorgen – Anastomosen bestehen mit den Arteriae musculophrenicae und pericardiacophrenicae
Arteria subcostalis	Das unterste segmentale Arterienpaar aus der Aorta thoracica – verläuft unterhalb der 12. Rippe

Die längs verlaufenden Gefäße gehen mehr oder weniger kontinuierlich ineinander über und stehen an mehreren Stellen über Zwischenvenen untereinander in Verbindung (Abb. 3.93).

Das Azygos-System ist ein wichtiges Anastomosengebiet zwischen der unteren Körperhälfte und dem Herz, wenn die Vena cava inferior nicht passierbar ist.

Die Hauptgefäße in diesem System sind

- Vena azygos auf der rechten Seite sowie
- Vena hemiazygos und Vena hemiazygos accessoria auf der linken Seite.

Die Ausbildung des Azygos-Systems ist bezüglich des Ursprungs der Gefäße, ihres Verlaufs, ihrer Zuflüsse, Anastomosen und Einmündungen äußerst variabel.

Vena azygos

Die Vena azygos entspringt gegenüber Vertebra L1 oder L2 an der Vereinigungsstelle der **Vena lumbalis ascendens dextra** und der **Vena subcostalis dextra** (Abb. 3.93). Sie kann auch als direkter Ast aus der Vena cava inferior hervorgehen, in die in diesem Fall ein Truncus communis aus der Vereinigung von Vena lumbalis ascendens dextra und Vena subcostalis dextra einmündet.

Die Vena azygos tritt entweder durch den Hiatus aorticus des Zwerchfells in den Thorax ein oder sie verläuft durch das oder hinter dem Crus posterius (hinterer Zwerchfellschenkel). Sie steigt im hinteren Mediastinum nach kranial auf, normalerweise rechts vom Ductus thoracicus. Etwa auf Höhe Vertebra Th4 wölbt sie sich nach ventral über die Lungenwurzel vor und mündet in die Vena cava superior, bevor diese in den Perikardbeutel eintritt.

200

201

Zuflüsse zur Vena azygos sind

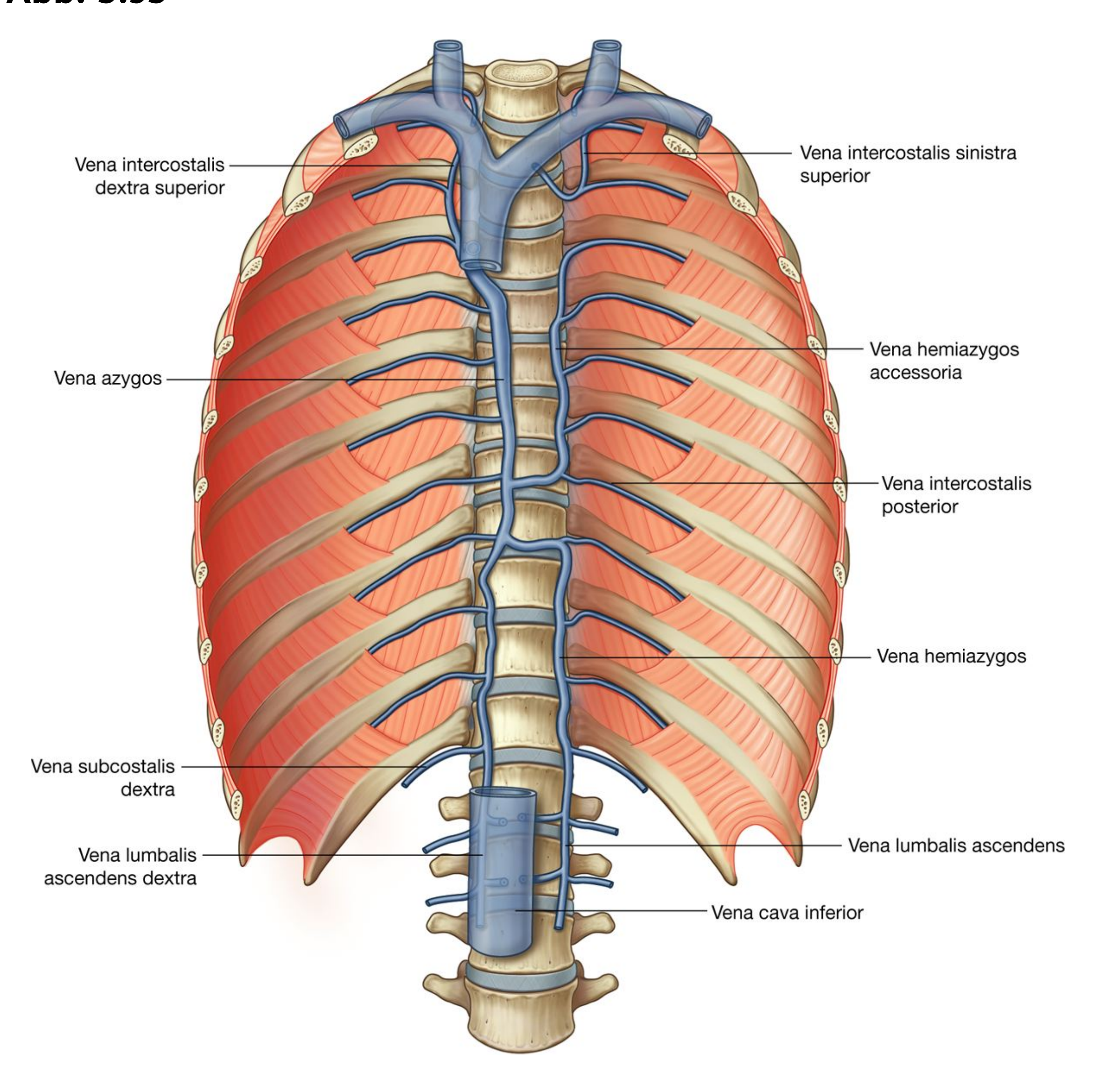
- **Vena intercostalis superior dextra** (ein einzelnes Gefäß, das aus dem Zusammenschluss der zweiten, dritten und vierten Interkostalvene hervorgeht),
- fünfte bis elfte Vena intercostalis posterior dextra,
- Vena hemiazygos,
- Vena hemiazygos accessoria,
- Venae oesophageae,
- Venae mediastinales,
- Venae pericardiaci und
- Venae bronchiales dextrae.

Vena hemiazygos

Die **Vena hemiazygos (Vena hemiazygos inferior)** entspringt normalerweise am Zusammenfluss der **Vena lumbalis ascendens sinistra** mit der **Vena subcostalis sinistra** (Abb. 3.93). Sie kann auch direkt nur aus einer der beiden Venen hervorgehen oder eine Verbindung zur Vena renalis sinistra haben.

Die Vena hemiazygos tritt gewöhnlich durch das Crus sinistrum (linker Zwerchfellschenkel) in den Thorax ein, kann aber auch über den Hiatus aorticus eintreten. Sie steigt durch das hintere Mediastinum auf der linken Seite bis etwa Vertebra Th9 auf. Hier kreuzt sie hinter der Aorta thoracica, dem Ösophagus und dem Ductus thoracicus über die Wirbelsäule nach rechts und mündet in die Vena azygos.

Abb. 3.93



Vena-azygos-System.

201
202

Zuflüsse zur Vena hemiazygos sind

- die untersten vier oder fünf Venae intercostales posteriores sinistrae,
- Venae oesophageae und
- Venae mediastinales.

Vena hemiazygos accessoria

Die **Vena hemiazygos accessoria (Vena hemiazygos superior)** steigt auf der linken Seite paravertebral aus dem oberen Anteil des hinteren Mediastinums bis etwa auf Höhe Vertebra Th8 ab (Abb. 3.93). Hier kreuzt sie über die Wirbelsäule auf die rechte Seite und mündet in die Vena azygos oder schon vorher in die Vena hemiazygos. Auch eine Doppeleinmündung

in beide Venen kann vorkommen. Normalerweise besteht kranial eine Anastomose zur **Vena intercostalis superior sinistra**.

Zuflüsse zur Vena hemiazygos accessoria umfassen

- die vierte bis achte Vena intercostalis posterior sinistra und
- manchmal die Venae bronchiales sinistrae.

Ductus thoracicus im hinteren Mediastinum

Der Ductus thoracicus ist das Hauptlymphgefäß, über das der größte Teil der Lymphe aus dem Körper in das venöse Blutsystem zurückgeführt wird. Er beginnt am Zusammen-fluss von Lymphgefäßstämmen des Abdomens, die manchmal eine sackartige Erweiterung bilden, die **Cisterna chyli**. Letztere drainiert die Bauchorgane, die Bauchwand, das Becken, das Perineum (Damm) und die unteren Extremitäten.

Der Ductus reicht von Vertebra L2 bis in den Hals hinein.

Der Eintritt in den Thorax erfolgt hinter der Aorta durch den Hiatus aorticus im Zwerchfell. Anschließend steigt der Ductus thoracicus durch das hintere Mediastinum etwas rechts von der Mittellinie zwischen Aorta thoracica auf der linken Seite und Vena azygos auf der rechten Seite auf (Abb. 3.94). Er liegt hinter Zwerchfell und Ösophagus auf den Wirbelkörpern.

Auf Höhe Vertebra Th5 tritt der Ductus thoracicus über die Mittellinie nach links in das obere Mediastinum ein und setzt seinen Weg durch das obere Mediastinum in den Hals fort.

Nachdem sich dem Ductus thoracicus in den meisten Fällen der **Truncus jugularis sinister**, der die linke Kopf-Hals-Region drainiert, sowie der **Truncus subclavius sinister**, der die linke obere Extremität drainiert, angeschlossen haben, mündet er in den linken Venenwinkel (Zusammenfluss der Vena subclavia sinistra und der Vena jugularis interna sinistra) ein.

In den Ductus thoracicus drainieren verschiedene Lymphgefäße des Abdomens:

- Zusammenflüsse aus Trunci lymphatici des Abdomens
- Absteigende Trunci lymphatici thoracales, die die unteren sechs oder sieben Interkostalräume auf beiden Körperseiten drainieren
- Obere Trunci lymphatici intercostales, die die oberen fünf oder sechs Interkostalräume der linken Seite drainieren
- Lymphgefäße von Nodi lymphoidei mediastinales posteriores
- Lymphgefäße von Nodi lymphoidei diaphragmatici posteriores.

Trunci sympathici

Die **Trunci sympathici** sind Teil des autonomen Nervensystems. Anteile verlaufen im hinteren Mediastinums durch den Thorax und geben Äste ab. Der thorakale Anteil des

Sympathikus besteht aus zwei paravertebral angeordneten Ganglienketten aus elf oder zwölf **Ganglien** (**sog. Grenzstrang;**Abb. 3.95). Die Ganglien sind über Rami communicantes albi und grisei (jeweils ein weißer und ein grauer) mit den entsprechenden Spinalnerven verbunden und werden entsprechend dem zugehörigen Spinalnerven nummeriert.

Im oberen Anteil des Mediastinum superius liegen die Trunci vor den Rippenhälsen (Collum costae). Im unteren Anteil liegen sie immer mehr medial, bis sie schließlich am lateralen Anteil der Wirbelkörper zu liegen kommen. Die Trunci sympathici verlassen den Thorax nach kaudal, indem sie hinter dem Zwerchfell unter dem Ligamentum arcuatum mediale oder durch die Zwerchfellschenkel treten. In ihrem gesamten Verlauf sind die Trunci innerhalb des Thorax von Pleura parietalis bedeckt.

Äste der sympathischen Ganglien

Zwei Typen medialer Äste gehen aus den sympathischen Ganglien hervor:

- Der erste Typ umfasst Äste, die aus den oberen fünf Ganglien hervorgehen.
- Der zweite Typ umfasst Äste, die aus den unteren sieben Ganglien hervorgehen.

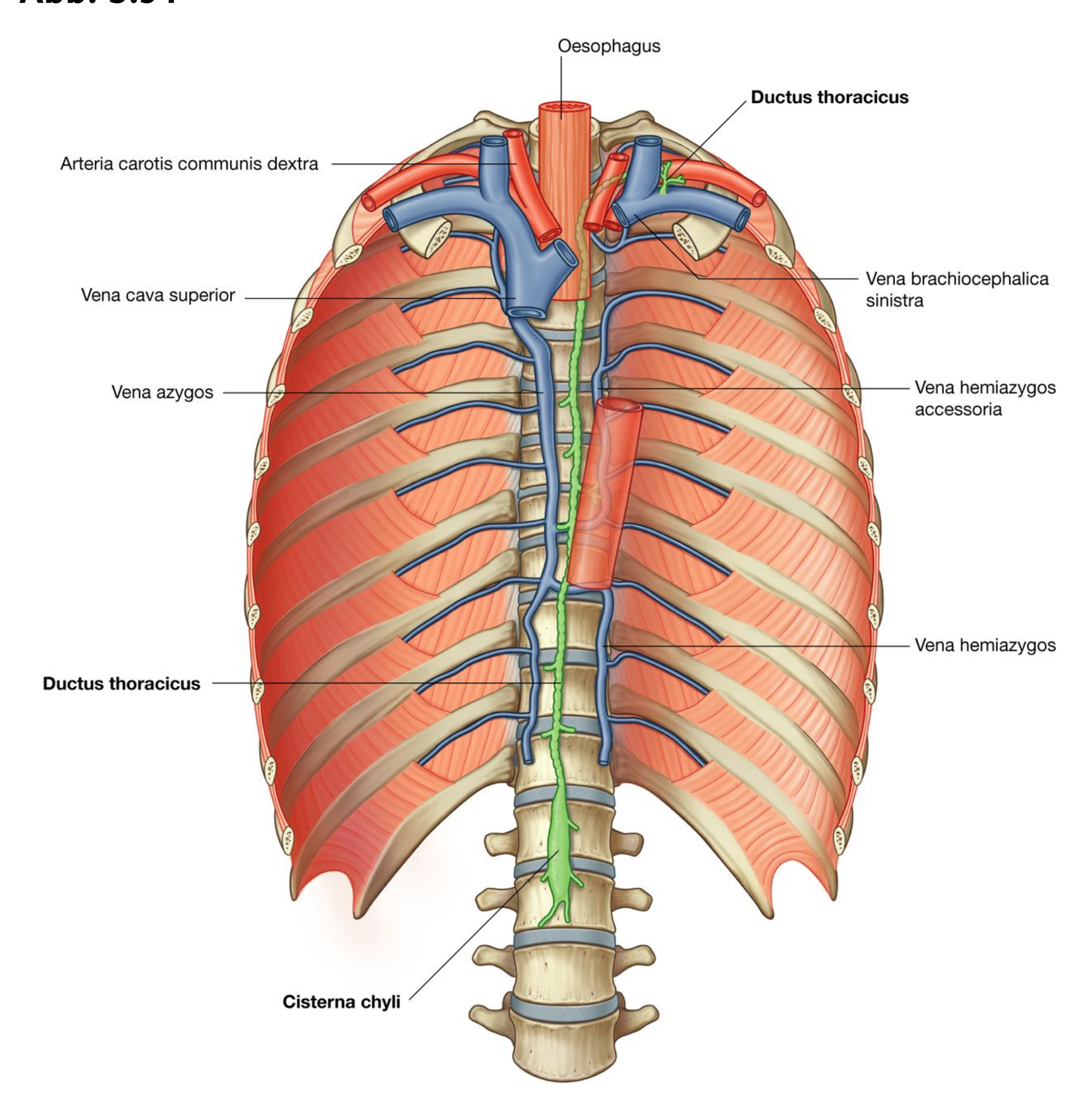
Der erste Typ, der Äste der oberen fünf Ganglien beinhaltet, besteht hauptsächlich aus postganglionären sympathischen Fasern, die die Thoraxorgane sympathisch innervieren. Diese Äste sind relativ dünn. Sie beinhalten aber auch viszeral afferente Fasern.

Der zweite Typ, der Äste der unteren sieben Ganglien umfasst, besteht hauptsächlich aus präganglionären sympathischen Fasern, die die Organe von Bauch und Becken sympathisch innervieren. Diese Äste sind kräftig, enthalten ebenfalls viszerale Afferenzen und bilden die thorakalen Nervi splanchnici, die als Nervi splanchnici major, minor und minimus bezeichnet werden (Abb. 3.95):

- Der **Nervus splanchnicus major** geht auf jeder Seite normalerweise aus dem fünften bis neunten oder zehnten Thorakalganglion hervor. Er steigt auf den Wirbelkörpern in medialer Richtung ab, tritt durch die Zwerchfellschenkel in das Abdomen über und endet am Ganglion coeli acum.
- Der **Nervus splanchnicus minor** geht gewöhnlich aus dem neunten und zehnten oder dem zehnten und elften Thorakalganglion hervor. Er steigt auf den Wirbelkörpern in medialer Richtung nach kaudal ab, tritt durch die Zwerchfellschenkel in das Abdomen über und endet am Ganglion aorticorenale.
- Der **Nervus splanchnicus minimus** geht meist aus dem zwölften Thorakalganglion hervor. Er steigt auf den Wirbelkörpern ab, tritt durch die Zwerchfellschenkel in das Abdomen und endet am Plexus renalis.

202
203

Abb. 3.94



Ductus thoracicus.

Mediastinum anterius

Das **vordere Mediastinum** liegt hinter dem Corpus sterni und vor dem Herzbeutel (Abb. 3.52):

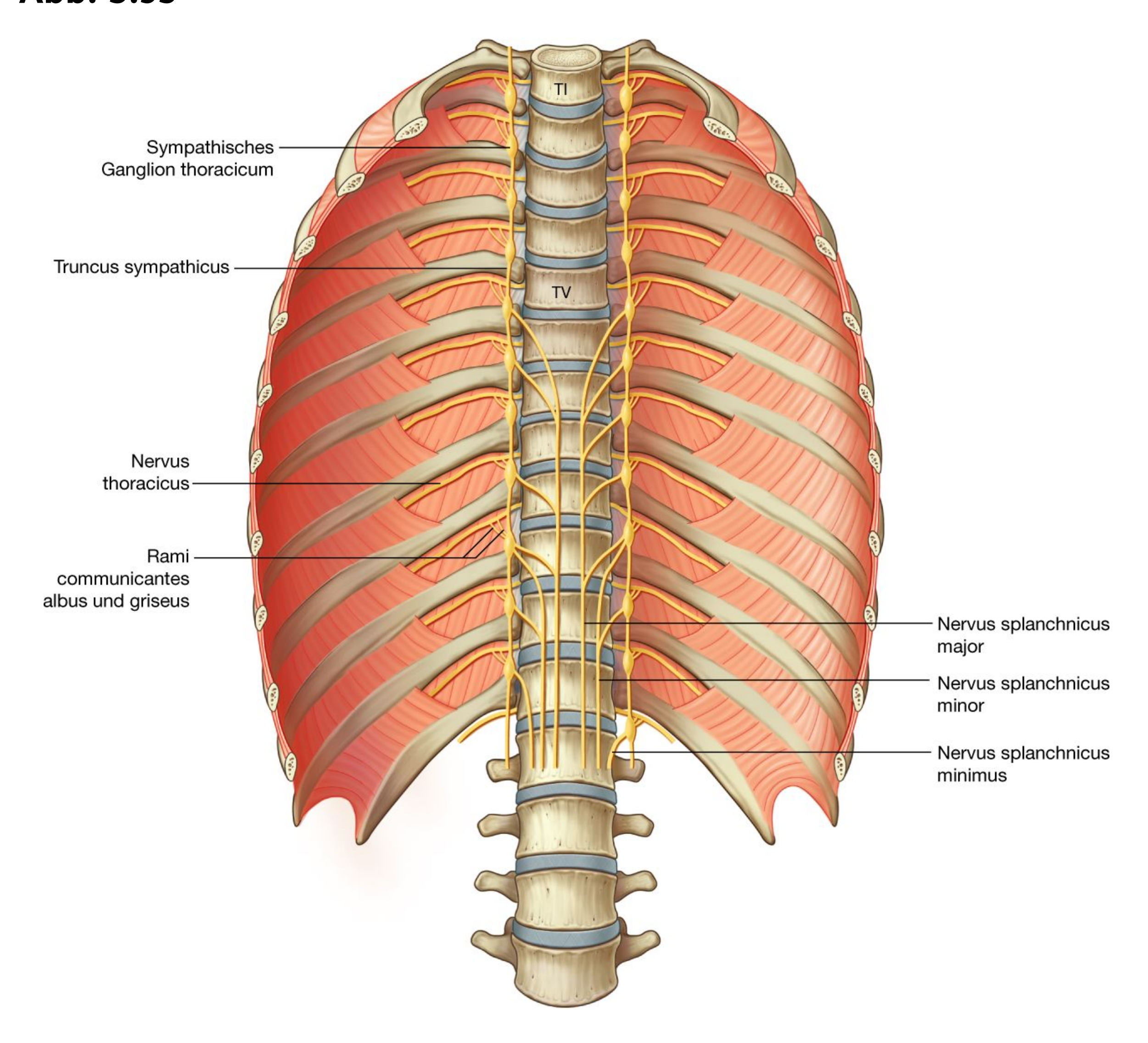
- Seine obere Grenze ist eine Horizontalebene, die durch die Anguli sternales bis zum Discus articularis zwischen den Vertebrae Th4 und Th5 verläuft. Oberhalb dieser Ebene beginnt das obere Mediastinum.

203

204

- Seine untere Grenze ist das Zwerchfell
- Seitlich wird es beidseits von der Pars mediastinalis der Pleura parietalis begrenzt.

Abb. 3.95



Thorakaler Anteil der Trunci sympathici.

Das vordere Mediastinum umfasst den größten Teil des Thymus (siehe oben). Außerdem liegen Fettgewebe, Bindegewebe, Lymphknoten, mediastinale Äste der Vasa thoracica interna und die Ligamenta sternopericardiaca im vorderen Mediastinum. Letztere ziehen von der Rückseite des Corpus sterni zum Pericardium fibrosum.

204
205

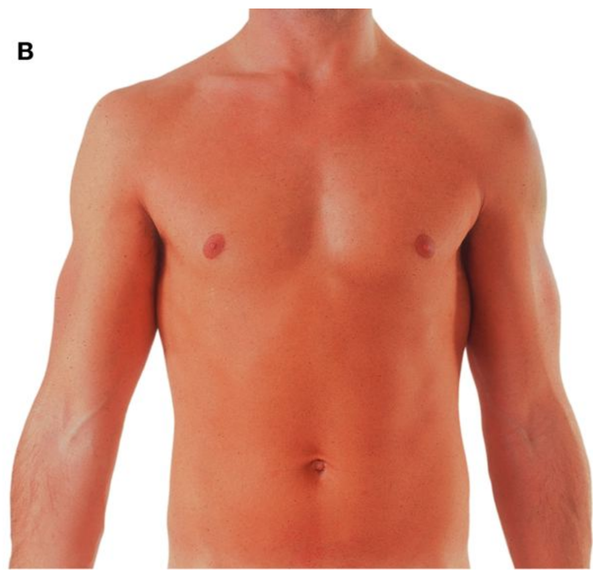
Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie des Thorax

Das Vorstellungsvermögen, wie sich anatomische Strukturen innerhalb des Thorax auf die Körperoberfläche projizieren, ist für die Untersuchung eines Patienten durch den Arzt fundamental. Abb. 3.96 und 3.97 zeigen Landmarken auf der Körperoberfläche, die zur Lokalisation tiefer gelegener Strukturen sowie bei der Auskultation und Perkussion genutzt werden können.

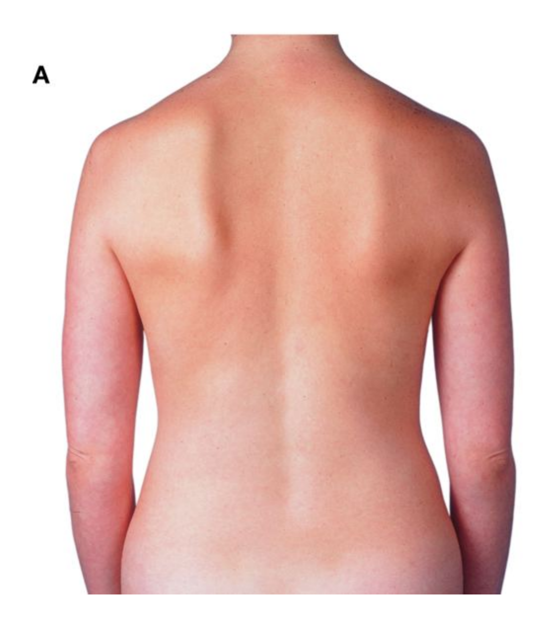
Abb. 3.96

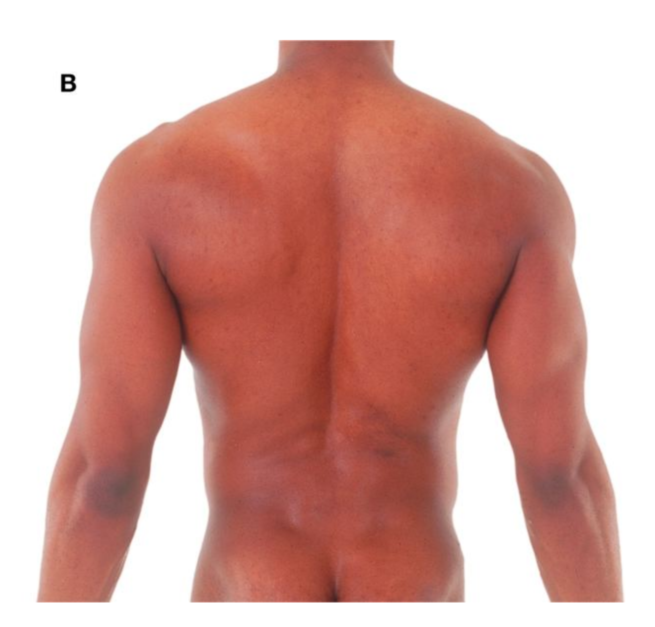




Vordere Brustwand. **A**. Bei einer Frau. **B**. Bei einem Mann.

Abb. 3.97





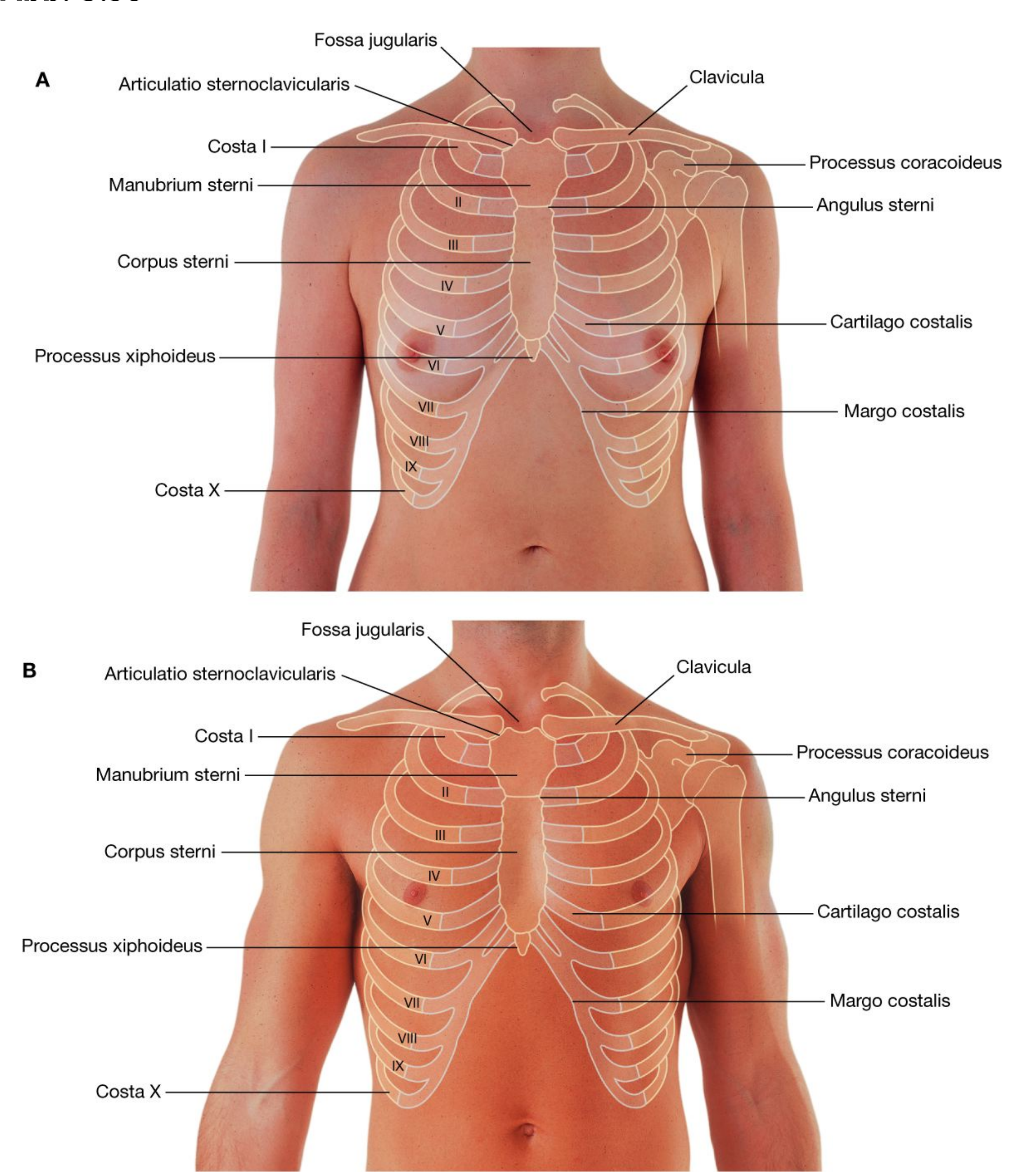
Hintere Brustwand. **A**. Bei einer Frau. **B**. Bei einem Mann.

Wie werden Rippen gezählt?

Es ist wichtig zu wissen, wie man Rippen zählt, da verschiedene Rippen als tastbare (palpable) Landmarken für die Lage tiefer im Thorax gelegener Strukturen dienen. Um die Lokalisation bestimmter Rippen zu bestimmen, tastet man die **Fossa jugularis** am Oberrand des Manubrium sterni. Jetzt geht man mit dem tastenden Finger auf dem Manubrium nach kaudal, bis man eine 205 Vertiefung fühlt. Diese Vertiefung ist der Angulus sterni, der die Artikulation zwischen dem 206 Manubrium sterni und dem Corpus sterni identifiziert. Der Rippenknorpel der 2. Rippe artikuliert

hier lateral mit dem Sternum. Nachdem die 2. Rippe identifiziert ist, können die Rippen nach unten weiter durchgezählt werden. Dabei wandert man mit den Fingern nach lateral unten (Abb. 3.98).

Abb. 3.98



Blick von vorn auf die Brustwand mit eingezeichneter Lokalisation der knöchernen und knorpeligen Skelett-elemente. **A**. Bei einer Frau. Die Lokalisation der Brustwarzen in Relation zu einem bestimmten Interkostalraum variiert mit der Größe und Festigkeit der Brust. Außerdem sind die Brustdrüsen nicht zwangsläufig symmetrisch. **B**. Bei einem Mann. Die Brustwarzen liegen normalerweise auf Höhe des fünften Interkostalraums.

Oberflächenanatomie der Mamma bei der Frau

Obwohl die Mammae in ihrer Größe sehr variabel sind, sind sie normalerweise zwischen der 2. und 4. Rippe an der Brustwand befestigt und liegen hier auf dem Musculus pectoralis major. Sie setzten sich nach oben lateral entlang dem Unterrand des Musculus pectoralis major bis in die Axilla fort (Abb. 3.99). Dieser Anteil ist der axilläre Schweif (Processus axillaris). Die Position der Brustwarze und der Areola in Relation zur Brustwand variiert mit der Größe und der Festigkeit der Brust.

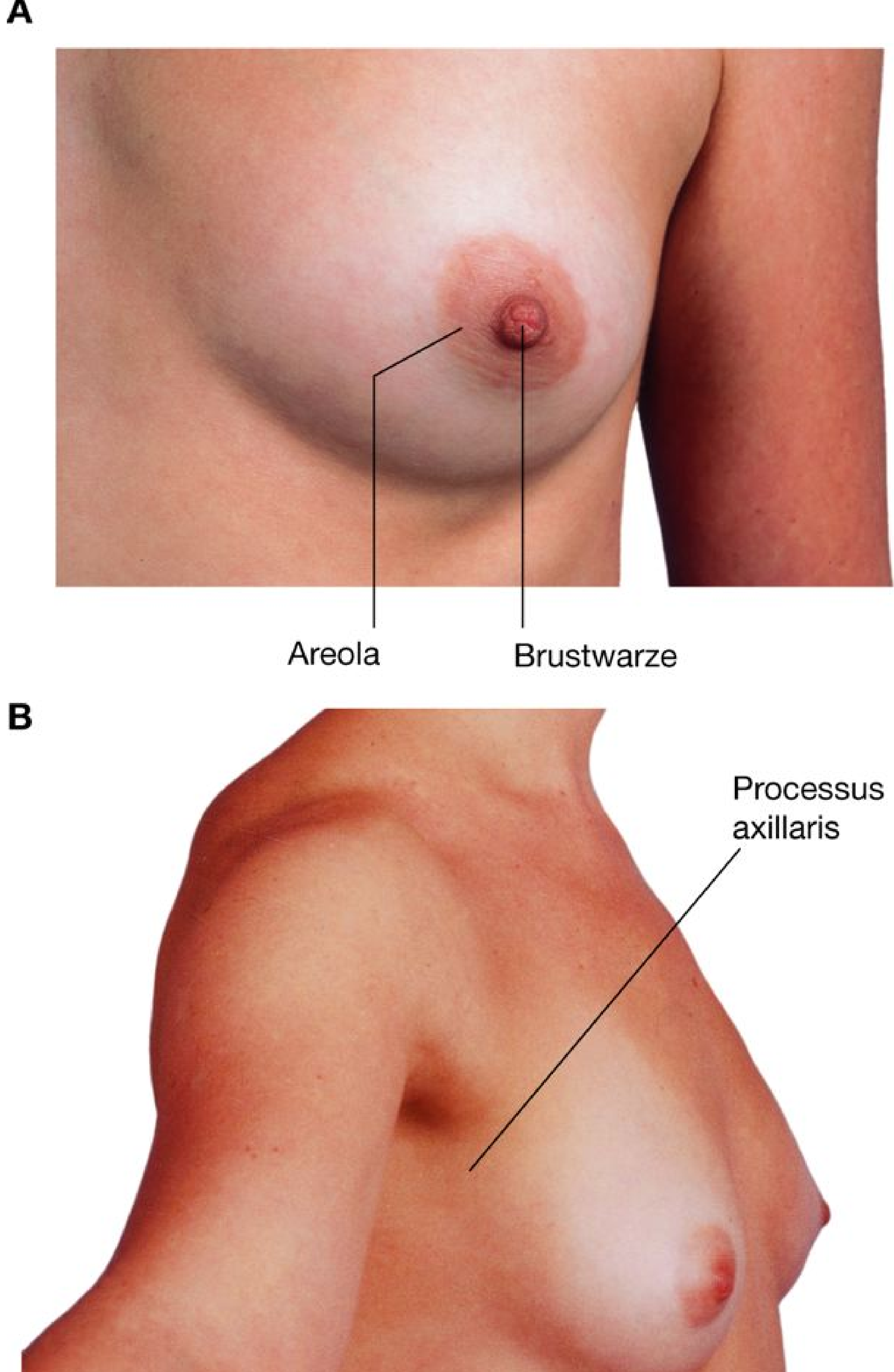
206
207

Darstellung von Organen auf Höhe des Discus articularis zwischen den Wirbelkörpern Th4/Th5

Die horizontale Ebene auf Höhe der Wirbel Th4/Th5 geht durch den Angulus sterni auf der vorderen Brustwand und dorsal durch den Discus articularis zwischen den Wirbeln Th4 und Th5. Die Ebene ist leicht tastbar, da sich die Verbindung zwischen Manubrium sterni und Corpus sterni vorwölbt und so als knöcherne Protuberanz vorsteht. Auf Höhe der Ebene zwischen Th4/Th5 (Abb. 3.100)

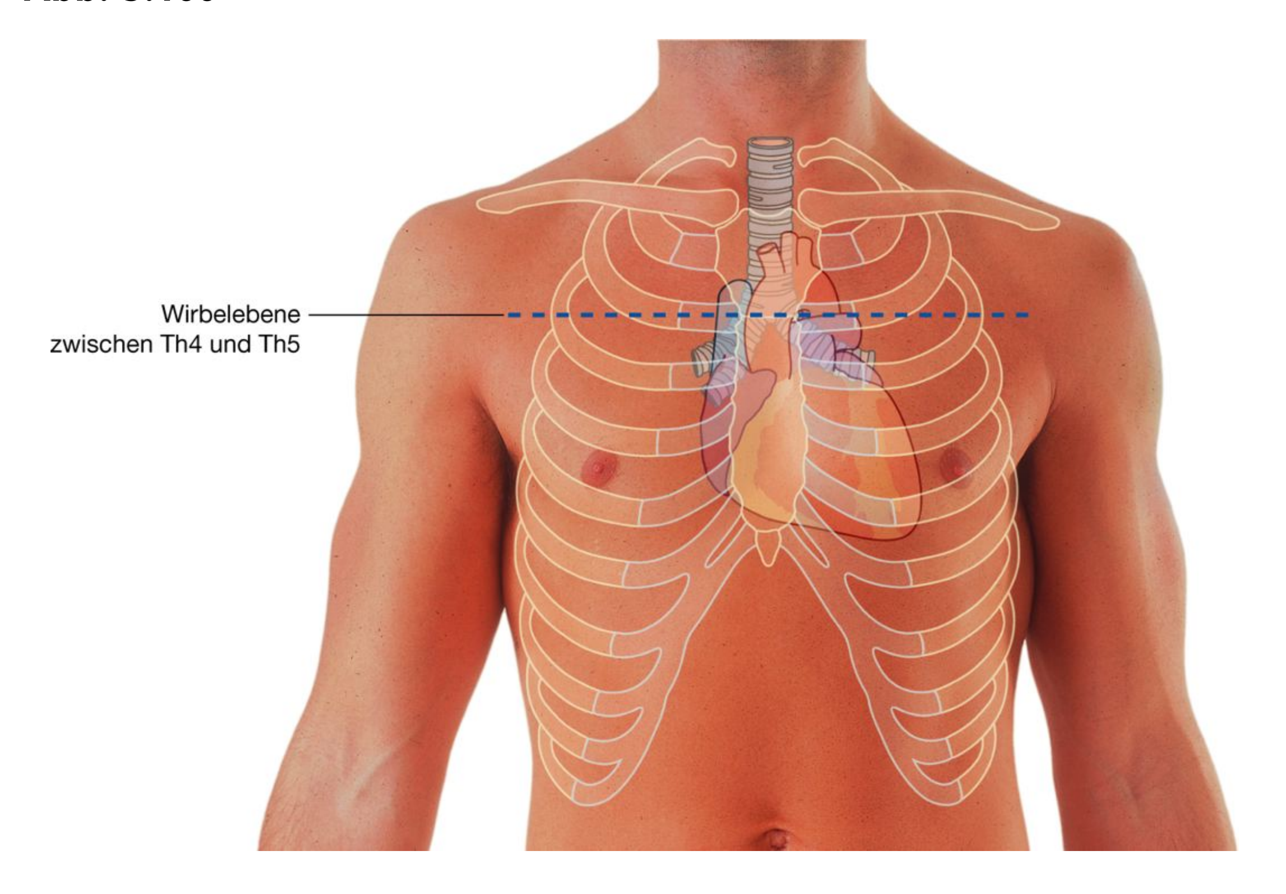
- artikuliert der Rippenknorpel der 2. Rippe mit dem Sternum,
- liegt die Grenze zwischen oberem und unterem Mediastinum,
- endet die Aorta ascendens und beginnt der Arcus aortae,
- endet der Arcus aortae und beginnt die Aorta thoracica,
- liegt die Trachealbifurkation.

Abb. 3.99



A. Blick auf Brustwarze und umgebende Areola einer linken Mamma. **B**. Brustwand einer Frau in der Ansicht von lateral mit Blick auf den Processus axillaris der Mamma.

Abb. 3.100



Brustwand eines Mannes in der Ansicht von vorn. Dargestellt sind die verschiedenen tief liegenden Strukturen, die sich auf die Wirbelebene zwischen Th4 und Th5 projizieren.

207

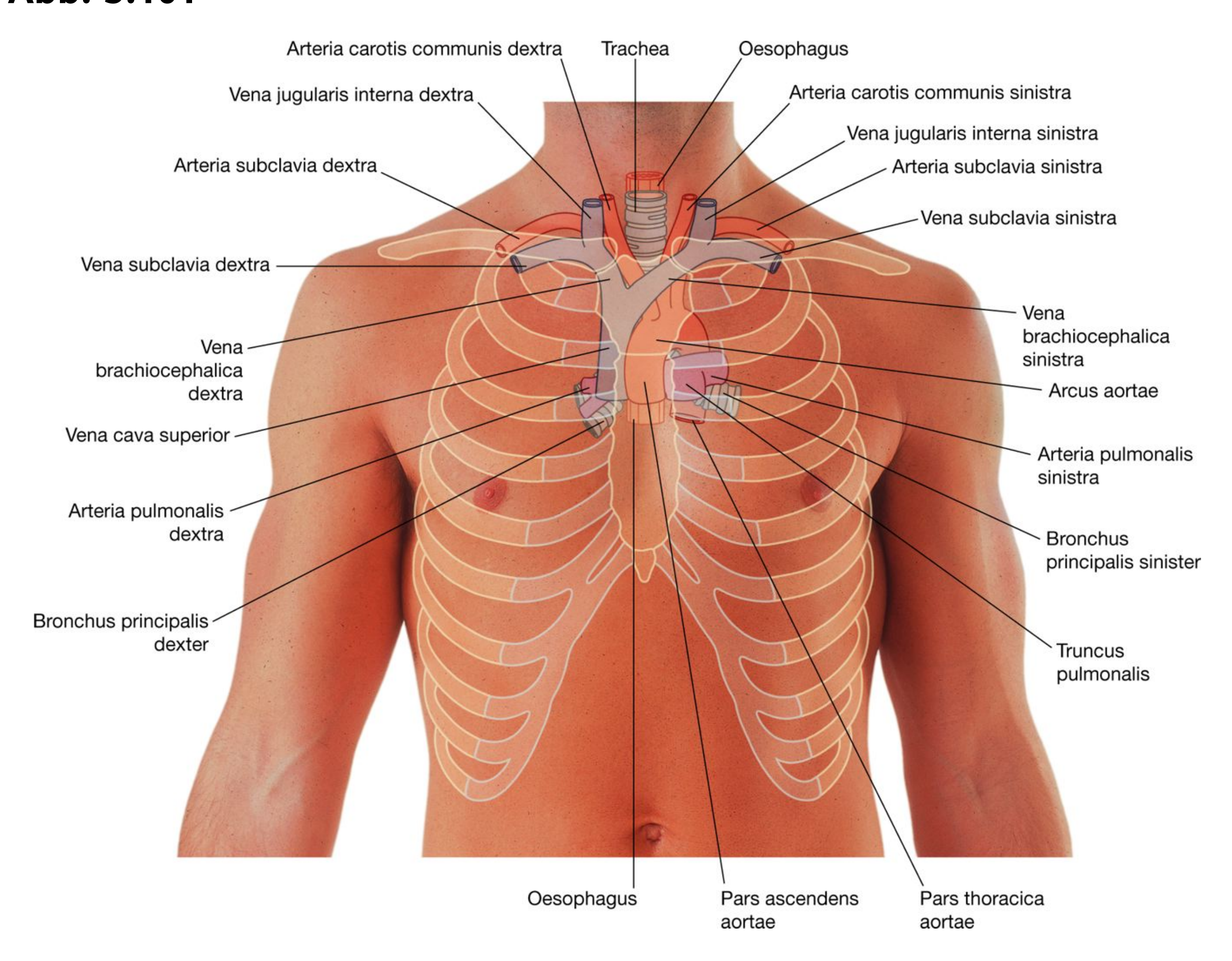
208

Darstellung von Strukturen im oberen Mediastinum

Man kann sich von zahlreichen Strukturen innerhalb des oberen Mediastinums beim Erwachsenen aufgrund ihrer Lage in Relation zu verschiedenen Landmarken des Skelettsystems, die durch die Haut palpierbar sind, ein Bild machen (Abb. 3.101):

- Nahe den Sternoklavikulargelenken bilden die Venae jugulares internae und Venae subclaviae auf beiden Seiten hinter den sternalen Enden der Claviculae die Venae brachiocephalicae.
- Hinter dem Manubrium sterni kreuzt die linke Vena brachiocephalica von links nach rechts.
- Auf der rechten Seite vereinigen sich hinter der unteren Grenze des ersten Rippenknorpels die beiden Venae brachiocephalicae zur Vena cava superior.
- Im Bereich der Horizontalebene durch die beiden Anguli sterni und die Zwischenwirbelscheibe von Th4 und Th5 beginnt und endet der Arcus aortae. Der Aortenbogen kann bis zur Mitte des Manubrium sterni hinaufragen.

Abb. 3.101



Brustwand eines Mannes von vorn. Dargestellt sind verschiedene Strukturen im oberen Mediastinum mit Bezug zum Skelett.

Darstellung der Herzgrenzen

Auch zur Darstellung der Herzgrenzen kann man sich Landmarken an der Körperoberfläche zunutze machen (Abb. 3.102).

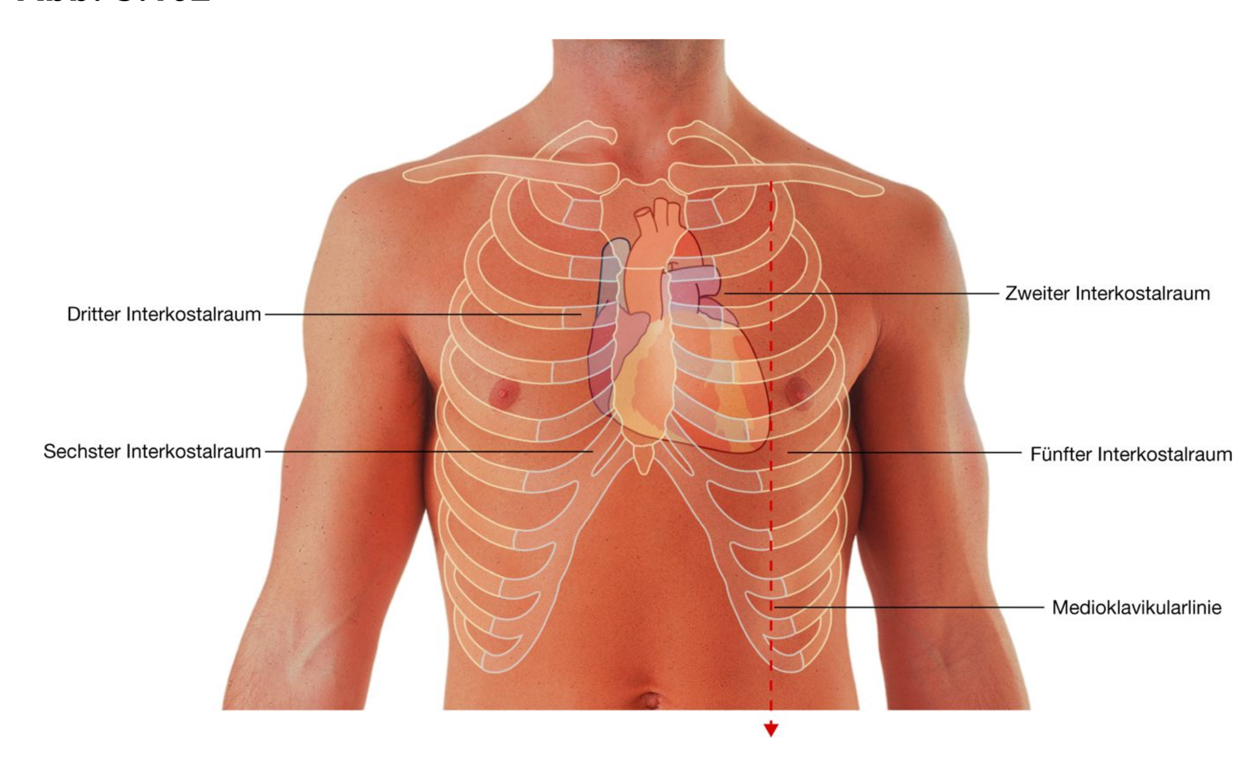
- Die obere Grenze des Herzens reicht auf der rechten Seite bis zum dritten Rippenknorpel, auf der linken Seite bis in den zweiten Interkostalraum am Sternum.
- Der rechte Herzrand erstreckt sich vom dritten Rippenknorpel der rechten Seite bis zum sechsten Rippenknorpel.
- Der linke Herzrand steigt links lateral vom zweiten Interkostalraum schräg bis zur Herzspitze im fünften Interkostalraum im Bereich der Medioklavikularlinie ab.

208

209

- Der Unterrand des Herzens erstreckt sich vom sternalen Ende des sechsten Rippenknorpels auf der rechten Seite bis in den fünften Interkostalraum nahe der Medioklavikularlinie auf der linken Seite.

Abb. 3.102



Ansicht der Brustwand eines Mannes von vorn. Darstellung der Herzprojektion auf die Skelettelemente der vorderen Brustwand.

Wo hört man die Herztöne?

Um das Schlagen der Herzklappen gut hören zu können, legt man das Stethoskop immer stromabwärts der Klappen auf (Abb. 3.103).

- Die Trikuspidalklappe ist unmittelbar links am unteren Ende des Sternums nahe dem fünften Interkostalraum hörbar.
- Die Mitralklappe ist über der Herzspitze im fünften Interkostalraum links in der Medioklavikularlinie hörbar.
- Die Pulmonalklappe hört man über dem medialen Ende des zweiten Interkostalraums auf der linken Seite.
- Die Aortenklappe ist über dem medialen Ende des zweiten Interkostalraums der rechten Seite hörbar.

Darstellung der Pleurahöhlen, der Lungen, der Recessus sowie der Lungenlappen und -fissuren

Knöcherne Landmarken an der Körperoberfläche können genutzt werden, um die normale Ausdehnung der Pleurahöhlen und der Lungen im Thorax sowie die Position der Lungenlappen und -fissuren zu bestimmen.

Kranial ragt die Pleura parietalis der Pleurakuppel über das Niveau des ersten Rippenknorpels. Ventral dehnt sich die Pleura costalis bis zur Mittellinie hinter dem oberen Anteil des Sternums aus. Hinter dem unteren Anteil des Sternums reicht die Pleura parietalis auf der linken Seite nicht so weit bis an die Mittellinie heran wie auf der rechten Seite, da sich hier das Herz vorwölbt (Abb. 3.104A).

Kaudal folgt die Pleura dem Zwerchfell entlang dem Rippenbogen und der Thoraxwand (Costa VIII in der Medioklavikularlinie, Costa X in der Medioaxillarlinie und Vertebra Th12 dorsal).

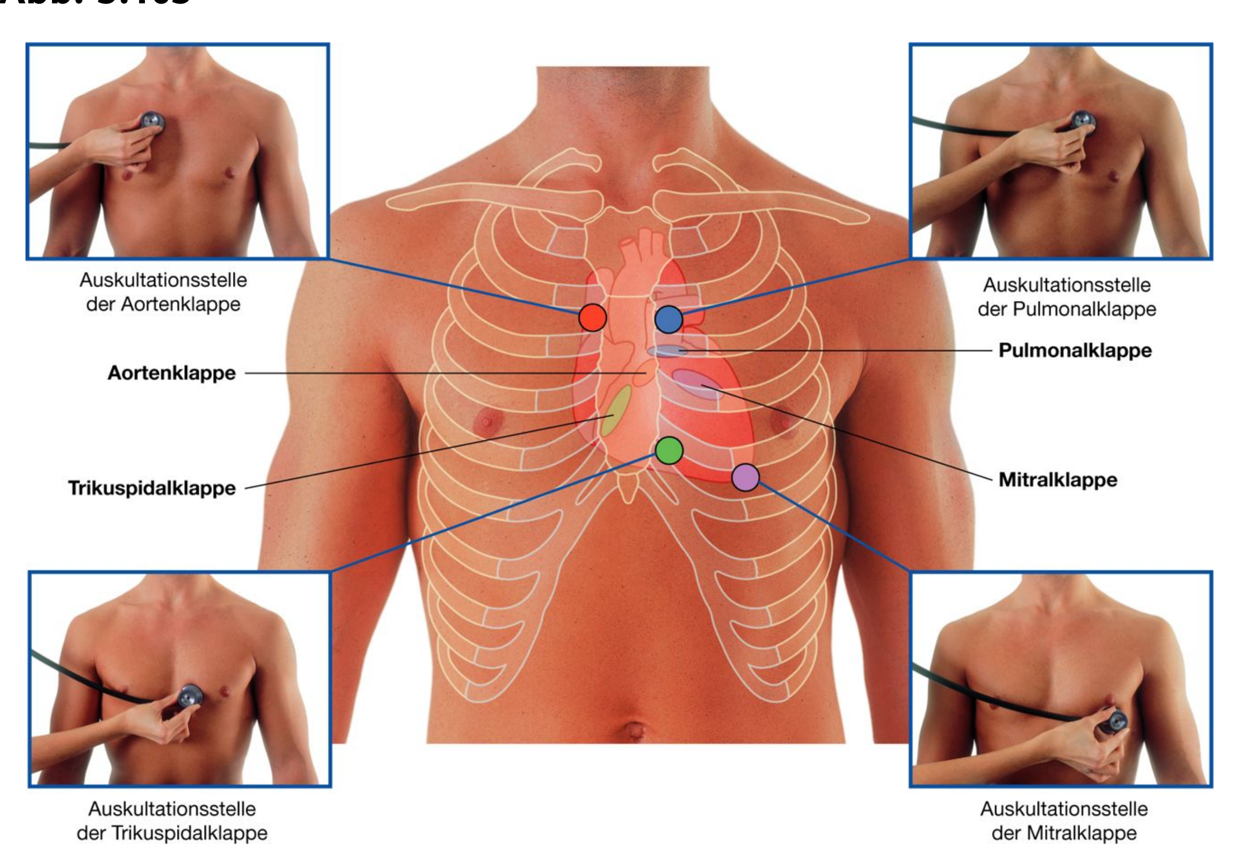
Die Lungen füllen den von den Pleurablättern gebildeten Spaltraum nicht komplett aus, insbesondere nicht ventral und kaudal.

- Ventral entsteht dadurch der Recessus costomediastinalis, besonders auf der linken Seite aufgrund der Herzausdehnung.

209
210

- Kaudal entsteht der Recessus costodiaphragmaticus zwischen dem unteren Lungenrand und dem Unterrand der Pleurahöhle.

Abb. 3.103



Brustwand eines Mannes mit Projektion des Herzens und der Herzklappen auf die Skelettelemente der vorderen Brustwand sowie Darstellung der Auskultationsstellen.

In Atemruhelage verläuft der Unterrand der Lungen entlang einer Linie durch Costa VIII in der Medioklavikularlinie, Costa X in der Medioaxillarlinie und Vertebra Th12 dorsal.

Beim Blick von dorsal auf den Brustkorb liegt die Fissura obliqua auf beiden Seiten in der Mittellinie nahe dem Processus spinosus von Vertebra Th4 (Abb. 3.104B und 3.105A). Sie verläuft nach lateral unten, überkreuzt dabei den vierten und fünften Interkostalraum und erreicht lateral die Costa VI.

Die Fissura horizontalis folgt beim Blick von ventral auf der rechten Seite der Kontur des vierten Rippenknorpels und der Costa IV; die Fissurae obliquae verlaufen beidseits entlang dem sechsten Rippenknorpel und der Kontur der Costa VI (Abb. 3.105B).

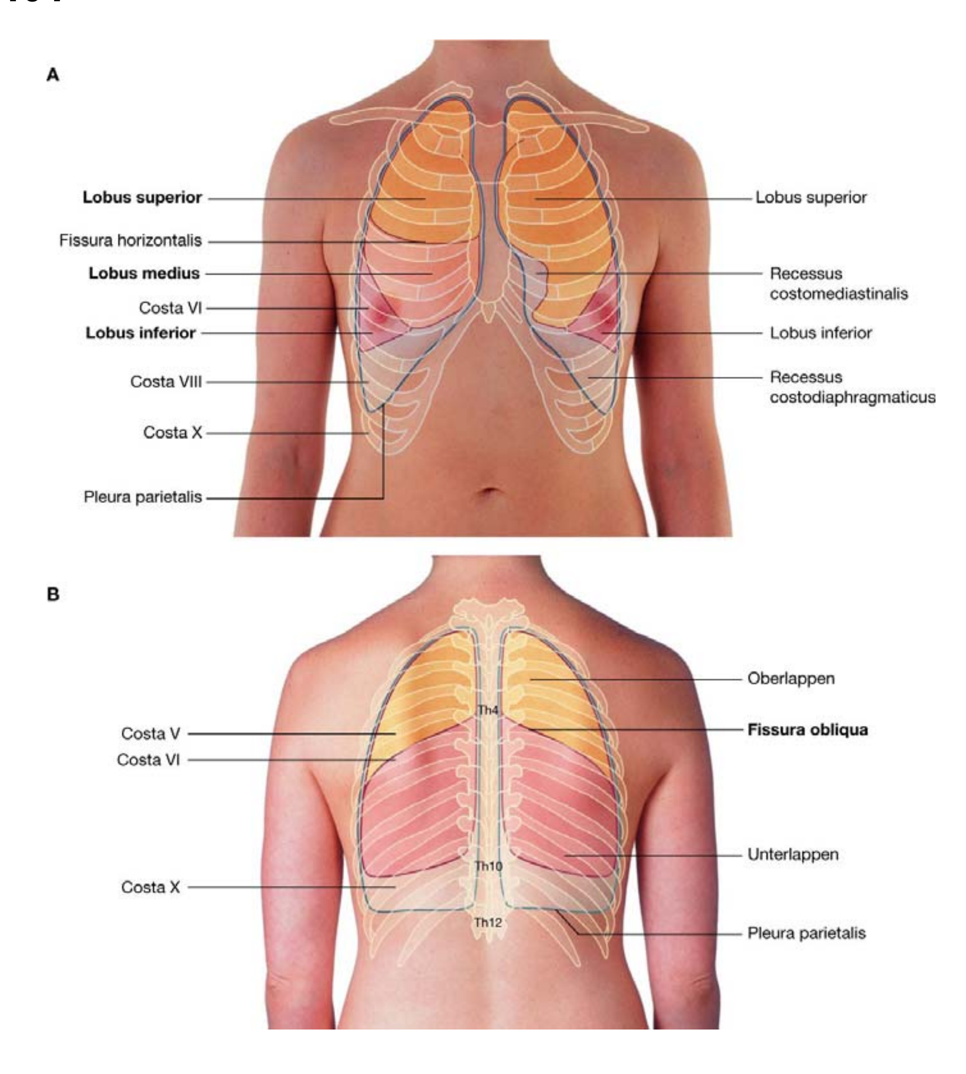
Wo hört man Atemgeräusche?

Die Auskultationspunkte zur Platzierung des Stethoskops sind in Abb. 3.106 dargestellt.

210

211

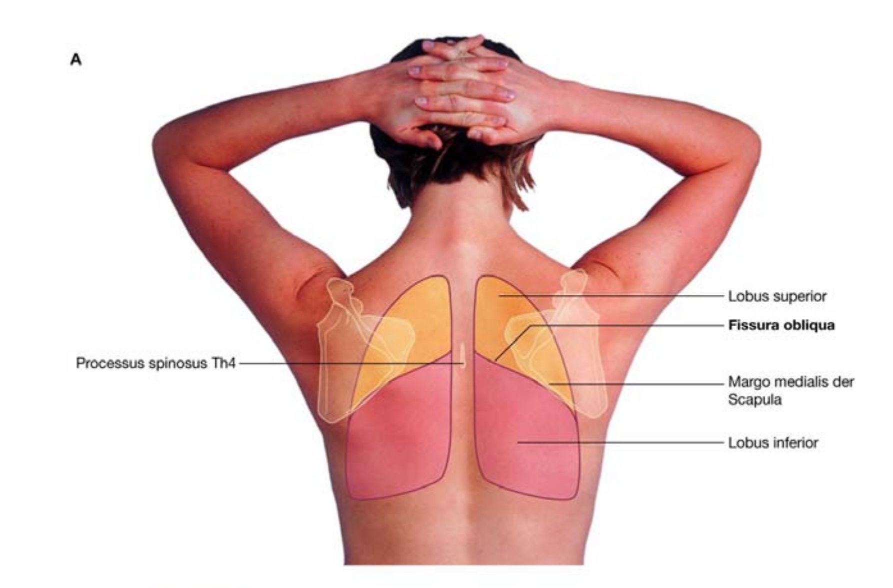
Abb. 3.104

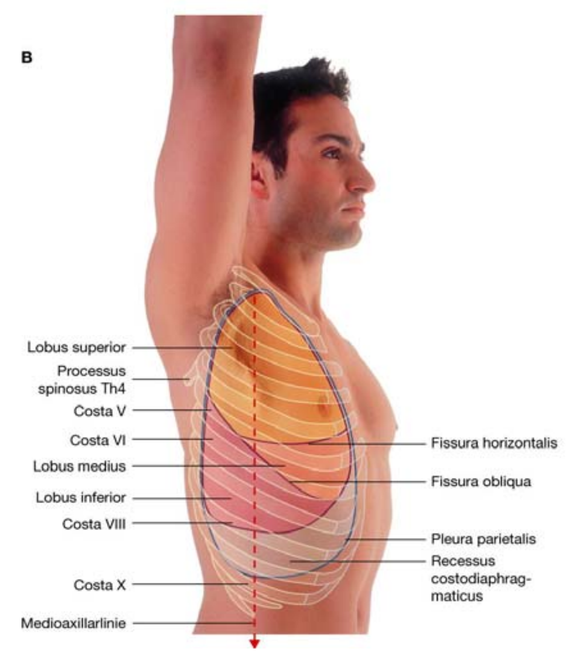


Projektion der Lungenlappen und Lungenfissuren sowie der Pleura in Bezug auf das Skelettsystem und die Körperoberfläche. **A**. Ansicht der vorderen Brustwand einer Frau. Auf der rechten Seite sind die Lobi superior, medius und inferior dargestellt. Auf der linken Seite sieht man den Lobus superior und den Lobus inferior. **B**. Blick von dorsal auf die Brustwand einer Frau. Auf beiden Seiten sind die Lobi superiores und inferiores dargestellt. Der Lobus medius der rechten Seite ist von dorsal nicht sichtbar.

211

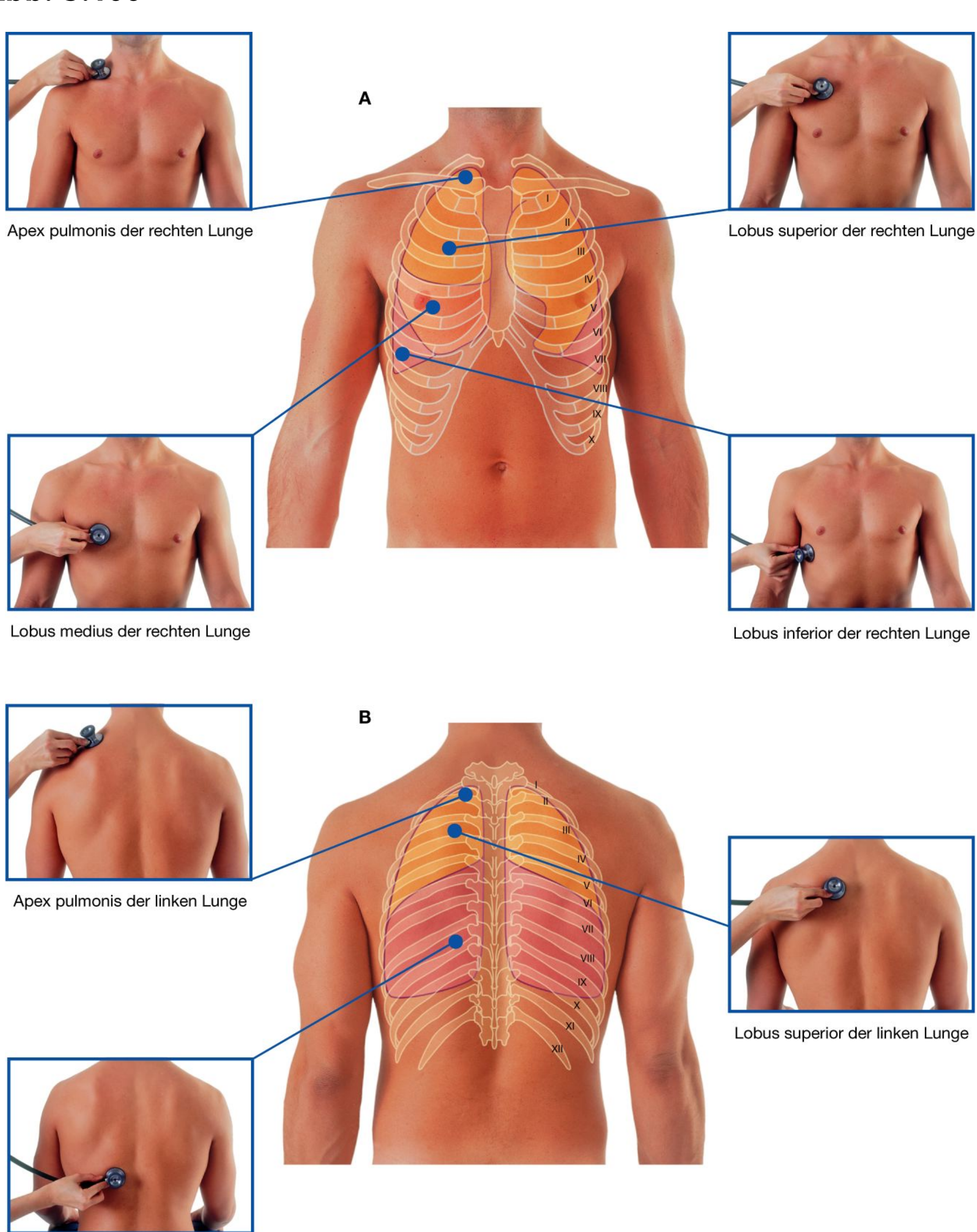
Abb. 3.105





Blick auf die Brustwand. **A**. Blick von dorsal auf die Brustwand einer Frau bei elevierten und hinter dem Kopf verschränkten Armen. Auf beiden Seiten sind die Lobi superiores und inferiores dargestellt. In dieser Position der oberen Extremität ist die Scapula so rotiert, dass ihr Unterrand parallel mit der Fissura obliqua verläuft. Der Margo medialis der Scapula kann damit zur Bestimmung der Oberflächenprojektion des Lungenober- und -unterlappens herangezogen werden. **B**. Blick von lateral auf den Thorax eines Mannes mit eleviertem Arm. Dargestellt sind die Lobi superius, medius und inferius. Die Fissura obliqua beginnt dorsal auf Höhe des Processus spinosus von Vertebra Th4, verläuft schräg nach kaudal, überkreuzt dabei die 4. Rippe, den vierten Interkostalraum, die 5. Rippe sowie den fünften Interkostalraum in der Medioaxillarlinie und setzt sich ventral entlang der Kontur der 6. Rippe fort. Die Fissura horizontalis überkreuzt die 5. Rippe in der Medioaxillarlinie und setzt sich nach ventral fort. Dabei überkreuzt sie den vierten Interkostalraum und folgt der Kontur der 4. Rippe und dem vierten Rippenknorpel bis zum Sternum.

Abb. 3.106



Brustwand eines Mannes mit Darstellung der Auskultationspunkte für die Lungenlappen. **A**. Ventrale Ansicht. **B**. Dorsale Ansicht.

213

Klinische Fälle

Fall 1

Halsrippe

Ein junger Mann kommt mit schwarzen Hautarealen an den Fingerspitzen der linken Hand zur Aufnahme. Es wird die klinische Diagnose „Gefäßverschlüsse durch multiple Emboli“ gestellt und die Ursache für die Emboli gesucht.

Für die Entstehung von Emboli gibt es zahlreiche Ursachen. Es handelt sich dabei um Gewebeklumpen und -gerinnsel, die, durch die Blutbahn verschleppt, zum Verschluss eines Gefäßes führen, meist aus Blut (Thrombusteile), aber auch Zellhaufen (Parenchym-, Tumorzellen), Parasiten, Bakterien, Pilzmyzel, Fremdkörper, Fett, Luft etc. Arterielle Emboli können überall in der linken Herzseite oder den sich daran anschließenden Gefäßen abgehen und zum Gefäßverschluss der abhängigen Körperpartien führen (z. B. zum Herzinfarkt, Schlaganfall, Darminfarkt etc.). Herzklappen-erkrankungen, die sich sekundär aufgrund eines rheumatischen Fiebers entwickeln, betreffen besonders die Mitral- und die Aortenklappe. Dabei kommt es zu einer infektiösen Endokarditis. Im Fall eines infektiösen Embolus wachsen die Bakterien an den Herzklappen heran und bilden blumenkohlartige Gebilde, die sich irgendwann ablösen und in die Körperperipherie schießen.

Eine konventionelle Röntgenaufnahme des Halses zeigt bei dem Patienten eine Halsrippe (Abb. 3.107).

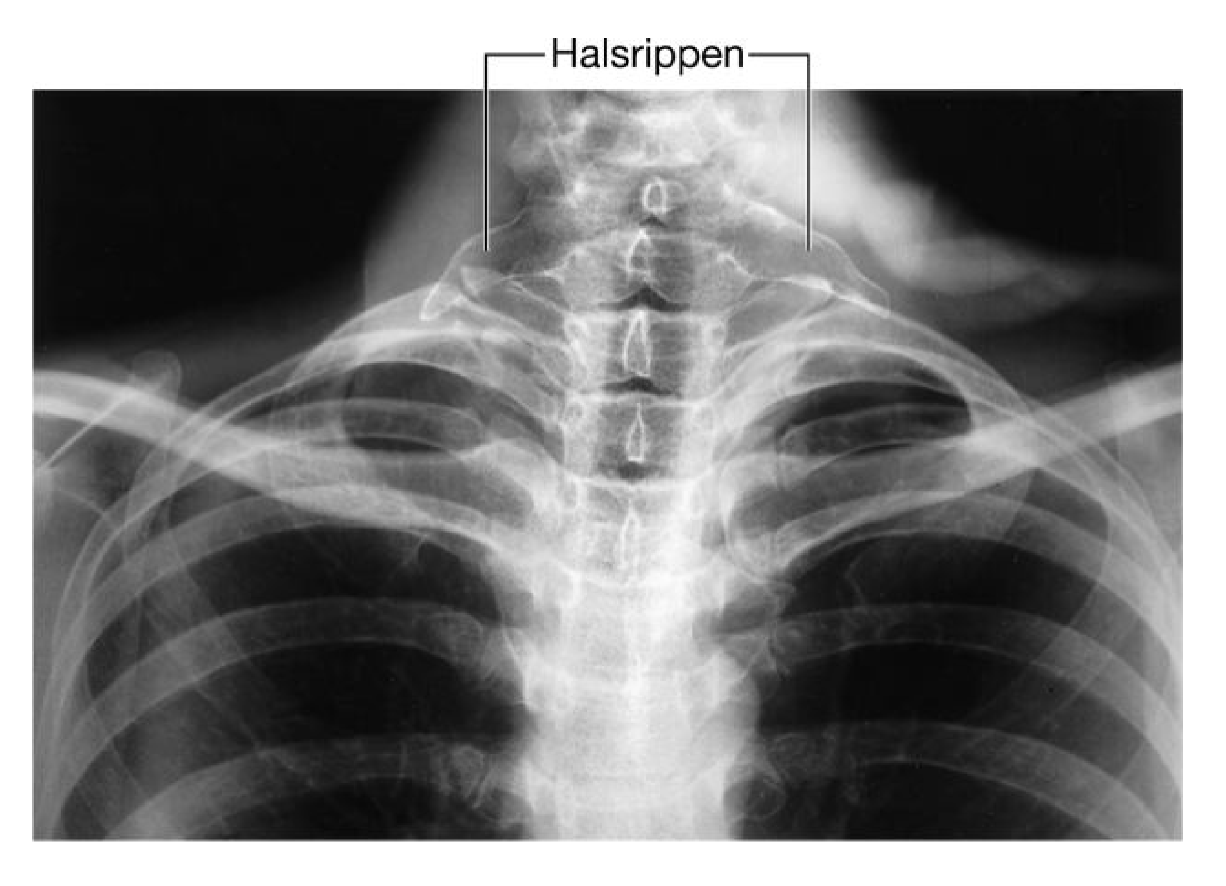
Halsrippen können zu drei verschiedenen Krankheitsentitäten führen:

- *Arterielle Kompression und Embolisation: Die Rippe (oder das Band) drückt von unten auf den distalen Anteil der Arteria subclavia und engt das Gefäßlumen ein. Dabei kommt es zur Ausbildung von Strömungsverwirbelungen, in deren Bereich Thrombozyten adhärieren und zur Bildung von an der Gefäßwand anhaftenden Koageln führen können. Lösen sich solche Koagel von der Wand ab, werden sie mit dem Blutstrom in die abhängige obere Extremität transportiert und bleiben je nach Größe in den Gefäßen stecken. Im vorliegenden Fall kam es zum Verschluss von kleineren Fingerarterien. Man nennt diese Form der Embolisation distale Embolisation.*
- *Kompression des Spinalnervs Th1: Der Nerv zieht normalerweise über die 1. Rippe und kann durch die Halsrippe eingequetscht werden. Besonders beim Heben des Arms über die Horizontale (Elevation) kann es zu Sensibilitätsstörungen im Bereich der medialen Unterarmseite sowie zu Schwächeerscheinungen der Handmuskulatur kommen.*
- *Kompression der Vena subclavia mit der Folge einer axillären Venenthrombose.*

Eine Dopplersonographie zeigt bei dem Patienten die ausgeprägte Stenosierung der Arteria subclavia am äußeren Rand der Rippe mit abnormem Blutfluss distal der Stenose. Innerhalb des Gefäßgebietes mit abnormem Blutfluss sieht man thrombotisches Gewebe an der Gefäßwand.

Im Rahmen eines chirurgischen Eingriffs wird dem Patienten die Halsrippe entfernt. Er hat danach keine weiteren Symptome.

Abb. 3.107



Röntgenaufnahme des Halses. Man erkennt beidseits eine Halsrippe.

214

215

Fall 2

Bronchialkarzinom

Ein 52-jähriger Mann wird mit Kopfschmerzen und Kurzatmigkeit eingeliefert. Außerdem hustet er viel. Dabei werden kleine Blutmengen mit abgehustet. Die klinische Untersuchung ergibt eine Erweiterung zahlreicher Halsvenen. Die Röntgenaufnahme des Thorax zeigt einen Zwerchfelltiefstand auf der rechten Seite sowie einen Tumor, der als Bronchialkarzinom eingestuft wird.

Aus dem klinischen Bild und der Kenntnis der Anatomie kann in diesem Fall auf die Lokalisation des Tumors geschlossen werden.

Die zahlreichen gestauten Halsvenen erlauben den Rückschluss auf eine venöse Obstruktion. Da die Venen auf beiden Seiten des Halses gestaut sind, muss die Obstruktion ein größeres Gefäß betreffen, die Vena cava. Oberhalb der Vena cava verläuft der Nervus phrenicus auf der rechten Brustseite, der das Zwerchfell innerviert. Da der Patient einen Zwerchfelltiefstand aufweist, muss

man von einer Innervationsstörung ausgehen – der Nervus phrenicus ist durch den Tumor geschädigt worden.

Fall 3

Brustverletzung

Ein 35-jähriger Mann wird bei einem bewaffneten Überfall angeschossen. Die Eintrittsstelle des Projektils befindet sich im rechten Interkostalraum auf der rechten Seite knapp oberhalb der Brustwarze. Die bei Einlieferung in die Notfallaufnahme angefertigte Röntgenaufnahme des Throrax zeigt eine komplett kollabierte rechte Lunge.

Eine zweite, 20 min später angefertigte Röntgenaufnahme ergibt einen Luft-/Flüssigkeitsspiegel in der Pleurahöhle (Abb. 3.108).

Drei häufige pathologische Prozesse können in der Pleurahöhle ablaufen.

- *Wenn Luft in die Pleurahöhle eindringt, kann sich ein **Pneumothorax** entwickeln. Die Lunge kollabiert aufgrund ihrer Eigenelastizität. Die Pleurahöhle wird von Luft ausgefüllt, die die kollabierte Lunge weiter einengen kann. Die meisten Patienten mit einer kollabierten Lunge zeigen keine ausgeprägte respiratorische Beeinträchtigung, da die andere Lunge noch funktioniert. Unter bestimmten Umständen entsteht infolge eines Ventilmechanismus ein offener Pneumothorax mit Überdruck (die Pleuraöffnung zur Oberfläche bzw. zu Lunge oder Bronchus ist bei Ausatmung verschlossen). Das Mediastinum wird dabei zur anderen Seite verlagert. Man spricht in einem solchen Fall von einem **Spannungs-** oder **Ventil-pneumothorax**, der letal enden kann, wenn die Luft durch das Einbringen einer Drainage in die Brustwand nicht umgehend ventiliert wird. Die häufigste Ursache für einen Pneumothorax sind Rippenfrakturen oder Brustwandverletzungen.*
- *Die Pleurahöhle kann sich im Rahmen zahlreicher Erkrankungen (z. B. Lungeninfektionen, Lungenkrebs, abdominelle Sepsis) mit Flüssigkeit füllen (Pleuraerguss). Bei diesen Patienten ist es wichtig, den Erguss zu drainieren (Pleurapunktion), um eine respiratorische Beeinträchtigung zu verhindern und an dem gewonnenen Punktat Laboruntersuchungen durchzuführen, die die Ursache der Ergussbildung klären.*
- *Schwere Brustwandverletzungen können zur Ausbildung eines Hämopneumothorax führen. Eine Drainage muss eingeführt werden, um das Blut und die Luft aus der Pleurahöhle zu entfernen und einer respiratorischen Insuffizienz vorzubeugen.*

Im vorliegenden Fall braucht der Patient eine Drainage, um die Luft, die Flüssigkeit oder beides aus der Pleurahöhle zu entfernen.

Der Pleuraspalt kann über das Einbringen einer Kanüle durch die Brustwand innerhalb eines Interkostalraums punktiert werden. Beim Gesunden ist der Pleuraspalt ein virtueller Raum und kein echter Spalt. Versucht man beim Gesunden dennoch – auch fälschlicherweise –, den Pleuraspalt zu punktieren, besteht große Gefahr einer Lungenverletzung.

215

Bevor eine Kanüle oder Drainage in die Brustwand eingestochen wird, müssen die Rippen durch eine Infiltrationsanästhesie gut betäubt werden, da das Periost der Rippen äußerst schmerzempfindlich ist. Die Kanüle oder der Drain sollte immer direkt oberhalb einer Rippe eingeführt werden, da unterhalb der Rippen die Interkostalgefäße und Nerven verlaufen und hier ein neurovaskuläres Bündel bilden.

Gängige Lokalisationen zum Einbringen einer Drainage sind

- *die Medioaxillarlinie auf Höhe des fünften Interkostalraums und*
- *die Medioklavikularlinie auf Höhe des zweiten Interkostalraums.*

Man findet die Punkte durch vorherige Palpation des Angulus sterni, der mit der 2. Rippe artikuliert. Zählt man die Rippen weiter nach unten durch und lokalisiert von außen die Medioaxillar- und die Medioklavikularlinie, kommt man schnell an die richtige Stelle. Punktionen unterhalb des fünften Interkostalraums bergen ein erhöhtes Risiko, durch den Recessus costo-diaphragmaticus in die Leber oder die Milz zu stechen, abhängig auf welcher Seite punktiert wird.

Abb. 3.108



Röntgenaufnahme des Thorax mit einem Luft-/Flüssigkeitsspiegel in der rechten Pleurahöhle.

Fall 4

Myokardinfarkt

Ein 65-jähriger Mann wird mit starken Brustschmerzen, die in den Hals und den linken Arm ausstrahlen, in die Notfallaufnahme eingeliefert. Er ist übergewichtig und starker Raucher.

Bei der Aufnahme ist der Mann aschfahl im Gesicht und kaltschweißig. Der Blutdruck liegt bei 74/40 mmHg (Normwert 120/80 mmHg). Das durchgeführte Elektrokardiogramm (EKG) deutet auf einen Vorderwand-infarkt hin. Eine notfallmäßig durchgeführte Echokardiographie zeigt eine eingeschränkte Funktion des linken Ventrikels; in der Koronarangiographie erkennt man den partiellen Verschluss der linken Koronararterie (Abb. 3.109A und 3.109B).

Therapeutisch wird bei dem Patienten eine notfall-mäßige Koronararterienbypassoperation durchgeführt. Der Patient erholt sich im Anschluss daran schnell. Seit der Operation hat er abgenommen, mit dem Rauchen aufgehört und treibt regelmäßig Sport.

Wenn es im Rahmen eines Myokardinfarkts zum Untergang von Herzmuskelzellen kommt, werden dadurch Schmerzfasern (viszerale Afferenzen) stimuliert. Die Schmerzfasern folgen dem Verlauf sympathischer Fasern, die das Herz innervieren, und treten in das Rückenmark auf Höhe Th1 bis Th4 ein. Auf dieser Rückenmarksebene treten ebenfalls somatische Afferenzen über die Hinterwurzeln der Spinalnerven Th1 bis Th4 ein. Beide Afferenzentypen (viszeral und somatisch) stehen über Interneurone mit Neuronen in Kontakt, deren Fasern im Rückenmark auf die Gegenseite kreuzen und anschließend zu den somatosensorischen Gebieten des Gehirns aufsteigen, die das Gebiet Th1 bis Th4 repräsentieren. Das Gehirn ist nicht in der Lage, eindeutig zwischen dem viszeralosensorischen und dem somatosensorischen Innervationsgebiet zu unterscheiden. Daher wird der Schmerz eher von den somatischen Gebieten als von den Organen (in diesem Fall vom Herz; Abb. 3.109C) kommend interpretiert.

216
217

Der Patient war aufgrund seiner eingeschränkten linksventrikulären Funktion kurzatmig.

Wenn der linke Ventrikel versagt, kommt es zu zwei Effekten:

- *Erstens ist die Kontraktionskraft reduziert. Dadurch wird das Blut mit erniedrigtem Druck ausgeworfen; dabei nimmt auch der Blutdruck ab.*
- *Der linke Vorhof muss stärker arbeiten, um den ausgefallenen linken Ventrikel mit Blut zu füllen. Die verstärkte Kontraktion steigert den Druck im linken Vorhof und führt in den linken Pulmonalvenen ebenfalls zu einer Druckerhöhung mit konsekutiver Druckerhöhung im gesamten venösen System der Lungen. Die Druckerhöhung verursacht den Übertritt von Flüssigkeit aus den Lungenkapillaren in das Lungeninterstitium und von hier in die Lungenalveolen. Es kommt zur Ausbildung eines Lungenödems mit Einschränkung des Gasaustauschs und damit zu Kurzatmigkeit.*

Der Patient hatte einen partiellen Verschluss der linken Koronararterie, wie in Abb. 3.109B dargestellt.

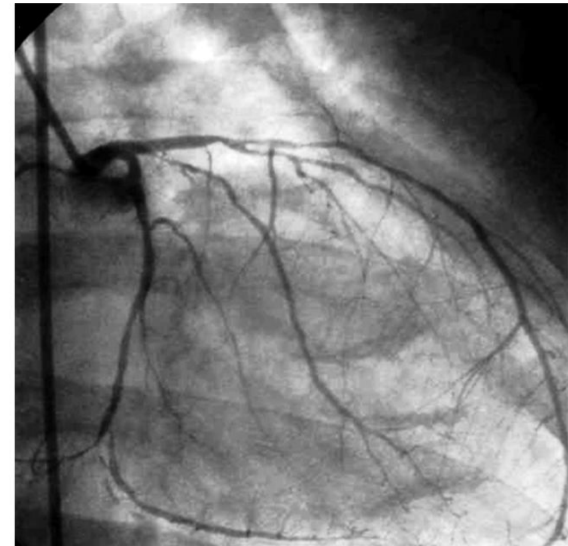
Es ist wichtig, herauszufinden, welche Koronararterie verschlossen ist.

- *Die linke Koronararterie versorgt den größten Anteil der linken Herzhälfte mit Blut. Der Hauptstamm der linken Koronararterie ist etwa 2 cm lang und teilt sich anschließend in den Ramus circumflexus, der zwischen dem linken Vorhof und dem linken Ventrikel im Sulcus coronarius liegt, sowie in den Ramus interventricularis anterior, der oft auch als Arteria descendens anterior sinistra (LAD – left anterior descending artery) bezeichnet wird.*
- *Wenn die rechte Koronararterie betroffen ist und es zu einem partiellen oder kompletten Verschluss kommt, resultieren häufig Herzrhythmusstörungen, da sowohl der Sinusknoten als auch der Atrioventrikularknoten hauptsächlich über die Arteria coronaria dextra mit Blut versorgt werden.*

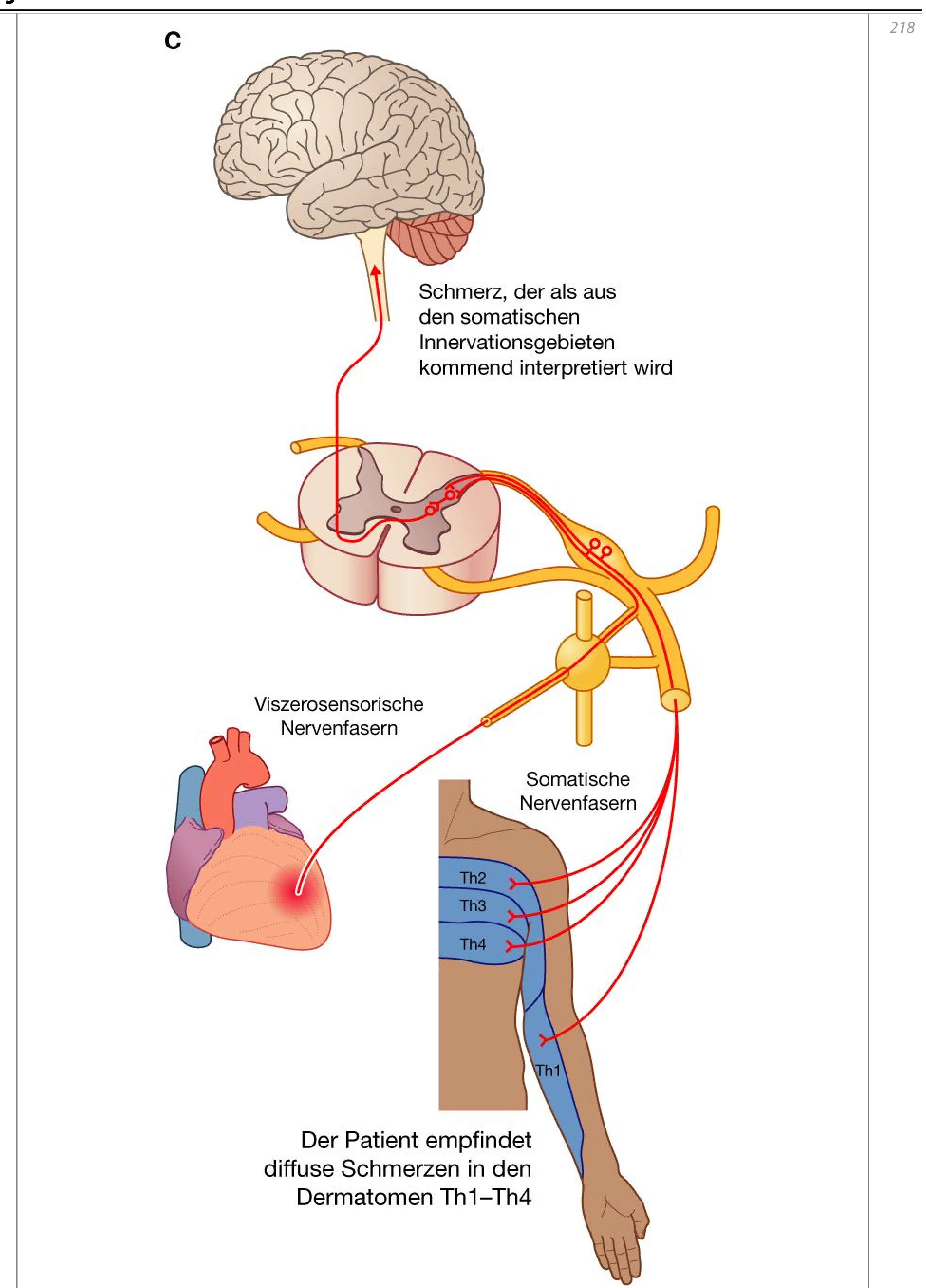
Bei Einlieferung des Patienten in die Notfallaufnahme wurde seine Myokardfunktion mittels EKG und Angiographie überprüft.

Abb. 3.109





217


C
Schmerz, der als aus den somatischen Innervationsgebieten kommend interpretiert wird
Viszerosensorische Nervenfasern
Somatische Nervenfasern
Th2
Th3
Th4
Th1
Der Patient empfindet diffuse Schmerzen in den Dermatomen Th1–Th4

A. Normales Angiogramm der Arteria coronaria sinistra. **B**. Angiogramm bei partiellem Verschluss der linken Koronararterie mit vermindertem Kontrastmittelfluss hinter dem Stenosebezirk. **C**. Mechanismus der Empfindung von Herzschmerzen in den Dermatomen Th1 – Th4.

Bei entsprechender Anamnese oder entsprechendem klinischen Bild überprüft der Arzt die Herzfunktion. Um zwischen verschiedenen Herzerkrankungen zu unterscheiden (Differentialdiagnose), wird das Herz mit objektiven Methoden untersucht:

- *Das **EKG (Elektrokardiographie, Elektrokardiogramm)** ist die Aufzeichnung einer Herzstromkurve. Dabei zeichnet ein Elektrokardiograph ein Kurvenbild (zeitlichen Verlauf) der bioelektrischen Potenziale bzw. Potenzialdifferenzen, die bei der Erregungsausbreitung und-rückbildung im Herzen entstehen, auf. Die Ableitung erfolgt mithilfe von Elektroden, die entlang der langen und kurzen Achse des Herzens angebracht sind, von der Körperoberfläche. Das gewonnene Kurvenbild wird durch zahlreiche diagnostisch auswertbare Faktoren beeinflusst (Erregungsdauer, Erregungsleitungs- und -rückbildungsstörung). Das EKG gibt über die allgemeine Funktion der rechten und der linken Herzseite und über die Lokalisation geschädigter Areale Auskunft. Beim Herzinfarkt zeigt das EKG spezifische Veränderungen, die auf die Lokalisation des Infarkts hindeuten. Ein Verschluss der rechten Koronararterie führt z. B. typischerweise zu einem Hinterwandinfarkt. Im EKG erkennt man typische Veränderungen im Stromkurvenbereich der Hinterwand (Ableitungen II, III, und aVF).*

- *Die **Röntgenaufnahme des Thorax** gibt über die Größe des Herzens und der Herzkammern Auskunft. Ein Lungenödem ist durch eine Aufhellung im Bereich der Lunge und der Lungenhila erkennbar. Es kann zu Atemnot bis zum Tod führen, wenn es nicht behandelt wird.*

- ***Blutuntersuchungen:** Die Herzmuskelzellen produzieren Enzyme, wie beispielsweise Laktat-dehydrogenase (LDH), Kreatinkinase (CK) und Aspartattransaminase (AST), die im Rahmen eines Herzinfarkts in erhöhter Konzentration im Blut auftreten. Diese Plasmaenzyme lassen sich im Labor eines Krankenhauses in kurzer Zeit bestimmen und können daher zur Diagnosesicherung in einem frühen Krankheitsstadium herangezogen werden. Weitere spezifische Enzyme, die als Isoenzyme bezeichnet werden, sind die Kreatinkinase-MB-Isoenzyme (CK-MB). Neuere Testverfahren schließen die Bestimmung von Troponin (spezifische Komponente der Herzmuskelzellen) ein, das im Rahmen eines Herzinfarkts in erhöhter Konzentration im Blut auftritt.*

- ***Belastungs-EKG:** Der Patient wird an ein EKG mit Monitor angeschlossen und sitzt auf einem Tretfahrrad. Unter Belastung (Fahrradfahren) werden ischämische Areale oder ein eingeschränkterBlutfluss sichtbar, und der betroffene Gefäßbereich kann näher lokalisiert werden.*

218
219

- ***Nuklearmedizin:** Thallium, ein γ-Strahler (^{201}Tl mit einer Halbwertszeit von 73 h), und seine Derivate sind Kaliumanaloga. Sie werden im Rahmen der Myokardszintigraphie eingesetzt, um ischämische (minderperfundierte) Areale sichtbar zu machen. Sind im*

Rahmen der Untersuchung keine minderperfundierten Areale nachweisbar, ist das betroffene Myokard bereits abgestorben.

- ***Koronarangiographie/Herzkatheter:*** *Über eine Punktion der Arteria femoralis wird ein dünner Katheter via Aorta bis zur Aortenklappe und in den Abgang der Koronararterien vorgeschoben. Anschließend wird Kontrastmittel über den Katheter in das entsprechende Koronargefäß appliziert, und die Füllung des Gefäßes und seiner Äste wird unter einem Durchleuchtungsgerät beobachtet. Lässt sich eine Stenosierung beobachten, kann direkt eine Angioplastie oder eine Stent-implantation durchgeführt werden. Im Rahmen der Angioplastie wird ein kleiner Ballon an der Katheterspitze unmittelbar im Stenoseareal aufgeblasen, und der stenosierte Bereich wird aufgeweitet. Das Gefäß erhält dadurch oft wieder seine ursprüngliche Gefäßweite zurück. Eine andere Möglichkeit ist das Einbringen eines Metallstents, eine Art Drahtgitter, das in das Gefäß über den Katheter eingelegt und anschließend aufgedehnt wird. Der Stent hält das Gefäß offen und soll einem Gefäßverschluss vorbeugen.*

Fall 5

Defekter Schrittmacher

Eine ältere Dame wird mit Herzversagen in die Notfallaufnahme eingeliefert. Sie besitzt einen Herzschrittmacher. Der Taktgeber ist oberhalb des Musculus pectoralis major nahe der linken Axilla durch die Haut tastbar. Der Schrittmacher wurde vor vielen Jahren aufgrund von Herzrhythmusstörungen (Vorhofflimmern) implantiert. Das durchgeführte EKG ergibt Vorhofflimmern. Die Röntgenaufnahme des Thorax zeigt, dass der Leitungsdraht des Schrittmachers zwischen dem Taktgeber und dem rechten Herzen direkt unterhalb der rechten Clavicula gebrochen ist.

Die anatomische Kenntnis der Brustregion erklärt, warum der Leitungsdraht gebrochen ist.

Viele Patienten besitzen einen Herzschrittmacher. Der Leitungsdraht führt vom Taktgeber, der wie oben beschrieben subkutan über dem Musculus pectoralis major liegt, unter der Haut zur Arteria axillaris und tritt knapp unterhalb der Clavicula und lateral vom Musculus subclavius in diese ein. Der Leitungsdraht zieht anschließend durch die Venae subclavia, brachiocephalica und cava superior in den rechten Vorhof. Die Elektrode am Ende des Leitungsdrahts ist an der Wand des rechten Ventrikels platziert (hier wird das Herz zur Kontraktion stimuliert). Da der Leitungsdraht die Vena axillaris in unmittelbarer Nachbarschaft des Musculus subclavius penetriert, kann es nach vielen Jahren durch die Schulterbewegungen im Rahmen der Muskelkontraktion des Musculus subclavius zu einem Bruch der Leitungsdrahts und damit zum Versagen des Herzschrittmachers kommt. Man versucht daher immer, den Leitungsdraht eines Herzschrittmachers beim Legen desselben so weit wie möglich lateral vom Anfangsteil der Vena axillaris zu platzieren.

219

220

Fall 6

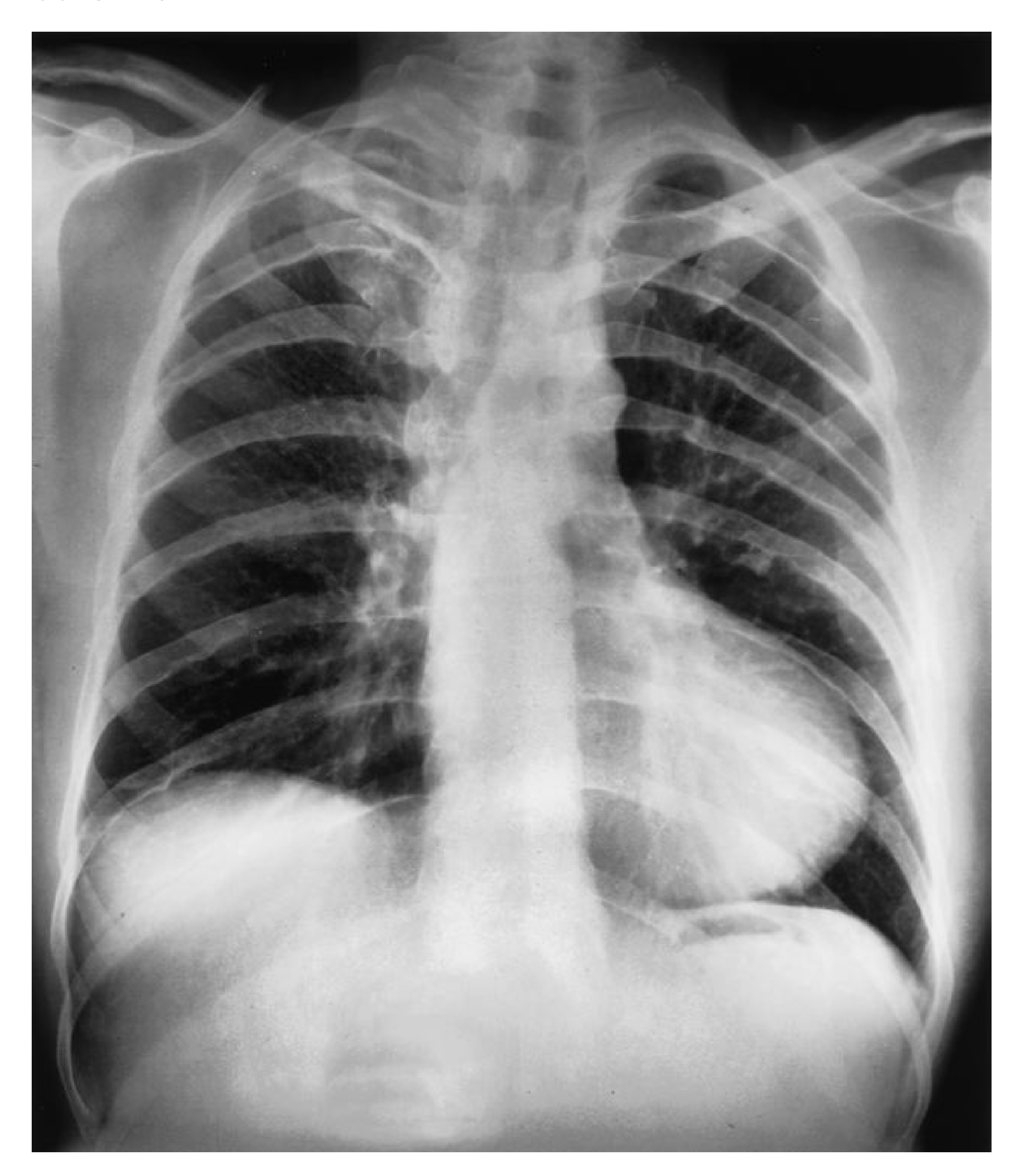
Aortenisthmusstenose

Ein 20-jähriger Mann kommt mit Husten zu seinem Hausarzt. Die angefertigte Röntgenaufnahme des Thorax zeigt aufgehellte Einkerbungen entlang dem Unterrand der Costae III–VI (Abb. 3.110). Der junge Mann wird zu einem Lungenfacharzt überwiesen. Dieser stellt die Diagnose einer Aortenisthmusstenose. Die Rippenusuren sind durch die Dilatation der Interkostalarterien verursacht.

Eine Aortenisthmusstenose (Aortenkoarktation, Coarctatio aortae) ist eine angeborene Verengung bis Atresie der Aortenlichtung distal der linken Arteria sub-clavia. Die Verengung kann den Blutfluss zur unteren Körperhälfte massiv einschränken. Damit genügend Blut durch den Stenosebezirk zu den unteren Körperpartien gelangt, muss ein hoher Druck vor der Stenose aufgebaut werden. Hierdurch kommt es oberhalb der Stenose zur Erweiterung zahlreicher Arterien sowie zur Ausbildung von Umgehungskreisläufen. Normalerweise erweitern sich die Arteriae thoracicae internae, epigastricae superiores und musculophrenicae in ihrem Anfangsteil. Über diese Arterien wird Blut in die Arteriae intercostales anteriores abgegeben. Von hier gelangt das Blut über die Verbindung mit den Arteriae intercostales posteriores retrograd in die unteren (poststenotischen) Abschnitte der Aorta. Der erhöhte Blutdruck in den Arteriae intercostales anteriores und posteriores führt zur Gefäßerweiterung, Schlängelung der Gefäße und Ausbildung von Rippenusuren, da durch den kräftigen Arterienpuls Teile des Rippenknochens im Sulcus costae abgebaut werden.

Die Arteriae intercostales I und II sind über den Truncus costocervicalis, der aus der Arteria subclavia proximal der Aortenisthmusstenose abgeht, an das Gefäßsystem angeschlossen. Sie erweitern sich im Rahmen der Stenose nicht und verursachen daher auch keine Rippenusuren.

Abb. 3.110



Röntgenaufnahme des Thorax. Am Unterrand der Costae III bis VI sind Aufhellungslinien und eine unregelmäßige Struktur des Rippenunterrandes erkennbar.

220
221

Fall 7

Aortenaneurysma

Ein 70-jähriger Mann wird aufgrund starker Schmerzen zwischen beiden Schulterblättern eingeliefert. Umgehend wird im Krankenhaus die Diagnose einer Dissektion der Aorta

thoracica (Aortenaneurysma im thorakalen Abschnitt) gestellt. Der Dissektionspunkt liegt etwa in der Mitte der Aorta thoracica und hat keinen Wiederanschluss an das Gefäßlumen gefunden. In den folgenden 12 h wird der linke Arm des Patienten schmerzempfindlich, kalt und pulslos; an den Beinen tritt eine absolute Paraplegie auf.

Aufgrund der Symptomatik kann geschlussfolgert werden, dass sich die Aortendissektion nach kranial und kaudal ausgebreitet hat. Die Dissektion hat den Ursprung der Arteria subclavia sinistra verschlossen. Hierdurch kam es zum Auftreten von Schmerzen und der Pulslosigkeit des linken Arms. Eine weitere Ausdehnung nach kranial kann die Arteria carotis communis sinistra und den Truncus brachiocephalicus gefährden.

Detaillierte Kenntnisse der Blutversorgung des Rückenmarks sind nötig, um die Paraplegie der Beine zu erklären. Zwei Gebiete des Rückenmarks erhalten eine zusätzliche Blutversorgung. Ein wichtiges Gefäß ist dabei die ***Arteria radicularis magna (Arteria spinalis Adamkiewicz)****, die normalerweise direkt aus einer Arteria lumbalis superior oder aus der zwölften Arteria intercostalis sinistra hervorgeht (der Ursprung ist aber sehr variabel). Das Gefäß führt Blut zu den Spinalarterien. Im Rahmen einer Aortendissektion kann es zur Unterbrechung des Blutflusses und damit zur Ausbildung einer Paraplegie kommen, wie im oben dargestellten Fall.*

221

222

Fall 8

Pneumonie

Ein 35-jähriger Mann stellt sich beim Hausarzt der Familie mit Gewichtsverlust (7 kg in den letzten 2 Monaten) vor. Er gibt anamnestisch starken Husten, manchmal „Blutspucken “ (blutiges Sputum, Hämoptoe, Hämoptyse) und einen Brustschmerz auf der linken Seite an. Seit kurzem habe er starke Schweißausbrüche, besonders nachts, die so stark seien, dass er die Bettwäsche wechseln müsse.

Bei der Untersuchung hat der Patient eine erniedrigte Temperatur und eine Tachypnoe (erhöhte Atemfrequenz). Die Lungenperkussion ergibt eine reduzierte Lungenventilation auf der linken Seite; der vordere Anteil der linken Brusthälfte klingt im Gegensatz zur gegenüberliegenden Brusthälfte dumpf. Im Rahmen der Auskultation (mit dem Stethoskop) hört man auf der linken Seite verminderte Atemgeräusche, die relativ rau klingen (Bronchialatmung). Es wird die Diagnose einer Pneumonie (Lungeninfektion) gestellt.

Lungeninfektionen sind häufige Erkrankungen. Meist kommt es zu einer Infektion der großen Atemwege und der Bronchien. Setzt sich die Infektion weiter in die Peripherie fort, werden Ex- und Transsudate produziert, welche die Alveolen und Anteile der Lungenlappen herdförmig, ohne Bezug zu anatomischen Lungengrenzen, mit Flüssigkeit auffüllen. Diese diffuse, infiltrierende Art von Lungeninfektion wird als Bronchopneumonie bezeichnet.

Zieht man die Befunde des Patienten in Betracht, ist eine Bronchopneumonie unwahrscheinlich.

Vom klinischen Befund ist es eher wahrscheinlich, dass der Patient an einer Pneumonie leidet, die einen Lungenlappen betrifft (Lobärpneumonie). Da die linke Lunge nur aus zwei Lappen besteht, ist von der Diagnose „Lobärpneumonie des oberen linken Lungenlappens“ auszugehen.

Eine Röntgenaufnahme des Thorax (Abb. 3.111) zeigt bei dem Patienten im posteroanterioren Strahlengang eine schleierähnliche Verdichtung der gesamten linken Lunge.

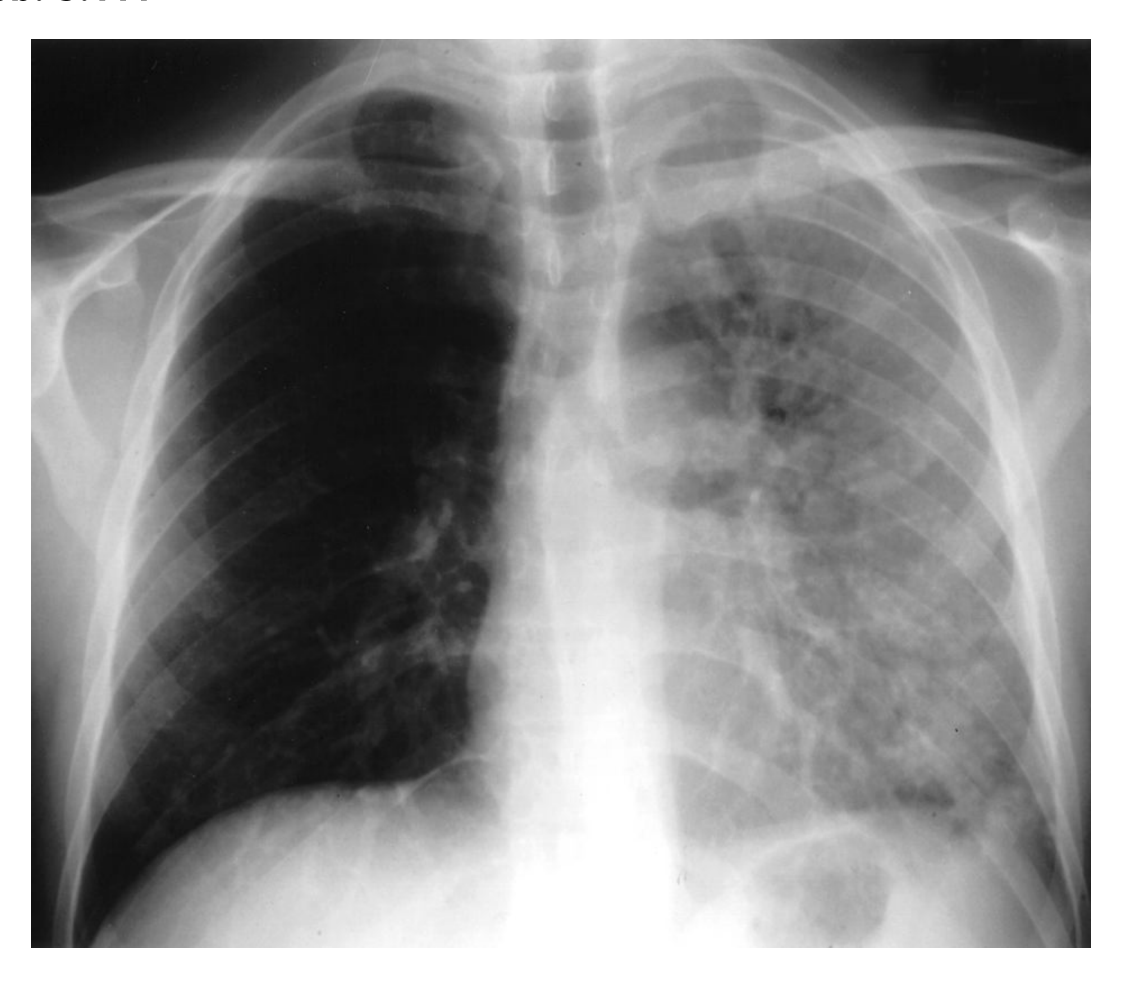
Wenn man den Verlauf der Fissura obliqua kennt, weiß man, dass jeder derartige Prozess in der linken oberen Lunge ein solches schleierähnliches Verdichtungsbild produziert. Eine Seitenaufnahme des Thorax ist nicht notwendig, sie würde allerdings zeigen, dass die Verdichtungen abrupt und mit einer scharfen Grenze an der Fissura obliqua enden.

Pneumonien der oberen Lungenlappen sind relativ ungewöhnlich. Die meisten Patienten entwickeln der Schwerkraft folgend Pneumonien in den unteren Lungenlappen. Allerdings sind bestimmte Infektionen für den Mittel- und die Oberlappen charakteristisch, wie Tuberkulose (Tbc) und Histoplasmose.

Die Anamnese des Patienten lässt einen ernsten und chronischen Krankheitsverlauf vermuten. Der Patient wird daher in ein Krankenhaus eingeliefert.

Im Krankenhaus wird eine Bronchoskopie durchgeführt, und Sputum wird aus dem linken oberen Lungenlappen entnommen. Das Sputum wird in der Mikrobiologie kultiviert und ergibt unter dem Mikroskop den Nachweis von Tuberkelbakterien.

Abb. 3.111



Röntgenaufnahme des Thorax mit Infektion des linken oberen Lungenlappens.

10 kurze Fragen

1.

F: **Im Rahmen einer Mastektomie wurde der Nervus thoracodorsalis durchtrennt. Welcher Muskel fällt aus?**

A: Der Nervus thoracodorsalis innerviert den Musculus latissimus dorsi, der in diesem Fall gelähmt ist. Die klinische Untersuchung ergibt in einem solchen Fall eine ausgeprägte Schwäche bei der Extension, Adduktion und Innenrotation des Arms.

2.

F: **Nach einer schwierigen Punktion der Vena subclavia zum Einbringen eines Zentralvenenkatheters wird auf der zur Kontrolle angefertigten Röntgenaufnahme des Thorax bemerkt, dass die rechte Lunge kollabiert ist. Was ist die Ursache?**

A: Der Arzt hat versehentlich die rechte Pleurakuppel angestochen, woraufhin die Lunge kollabiert ist. Die Pleurakuppel liegt oberhalb des Niveaus der 1. Rippe und ist bei Punktionen der Vena subclavia gefährdet.

3.

F: **Ein junger Mann wurde in einen Verkehrsunfall verwickelt. Bei Einlieferung in das Krankenhaus wird eine Röntgenübersichtsaufnahme des Thorax angefertigt. Diese zeigt Dünndarmschlingen im linken Thorax. Warum?**

A: Schwere Brusttraumata können zu Zwerchfellrupturen führen. Da der intraabdominelle Druck höher ist als der Druck der Organe des Brustkorbs und da die Eingeweide teilweise gut beweglich sind, können Dünndarmschlingen durch die Bruchpforte in den Brustkorb übertreten. Meist passiert dies auf der linken Seite, da die große Leber auf der rechten Seite den Übertritt verhindert.

4.

F: **Ein 75-jähriger Mann, der sein Leben lang geraucht hat, stellt sich mit Heiserkeit und einer rechtsseitigen Miosis (enge Pupille) vor. Wo sitzt der Lungentumor?**

A: Der Tumor sitzt in der rechten Lunge. Die Heiserkeit beruht wahrscheinlich auf einer Schädigung des rechten Nervus laryngeus recurrens, der rechts um die Arteria subclavia zieht. Dies lässt vermuten, dass der Tumor in der rechten Lungenspitze sitzt und bereits durch die Pleurakuppel vorgewachsen ist. Wenn das Ganglion stellatum (Zusammenschluss aus Ganglion cervicale inferius und Ganglion thoracicumsuperius des Sympathikus) betroffen ist, kommt es zu einem Ausfall des Hals- und Kopfsympathikus auf der betroffenen Seite. Der Patient entwickelt dadurch einen Horner-Symptomenkomplex, bestehend aus enger Lidspalte (Ausfall des Musculus

tarsalis superior des Oberlids), Enophthalmus (Zurücksinken des Bulbus oculi in die Orbita) und eine Miosis (Ausfall des Musculus dilatator pupillae).

5.

F: **Ein Patient mit ernsthafter Mitralklappenerkrankung und Heiserkeit bei linksseitigem Stimmlippenstillstand kommt zur Aufnahme. Erläutern Sie die klinischen Zeichen**.

A: Mitralvitien, egal ob Stenose oder Insuffizienz, führen zu einer Dilatation des linken Vorhofs. Eine ausgeprägte Vorhofdilatation kann Druck auf die Unterseite der Aorta ausüben und den Nervus laryngeus recurrens sinister komprimieren. Hierdurch kommt es zu einer linksseitigen Rekurrensparese mit Heiserkeit bis Aphonie durch Lähmung der linken Stimmlippe (Ortner-Syndrom).

6.

F: **Lungenödeme (Flüssigkeitsansammlungen im Lungeninterstitium und in den Alveolen) treten selten bei Patienten mit Perikardergüssen auf. Warum?**

A: Ein Lungenödem tritt gewöhnlich bei Patienten mit ausgeprägter Linksherzinsuffizienz auf. Patienten mit Perikardergüssen entwickeln ein Links- und Rechtsherzversagen infolge von Kompressionseffekten durch den Perikarderguss auf das Herz.

7.

F: **Im Rahmen einer Herzkatheterisierung gleitet der Katheter vom rechten in den linken Vorhof. Der Patient hat keine klinischen Zeichen oder Symptome. Warum?**

A: Der Katheter gleitet durch ein offenes Foramen ovale.

8.

F: **Ein junger Mann bekommt starke Brustschmerzen, als er sich erbricht. Sechs Stunden später stirbt er. Die durchgeführte Autopsie ergibt eine Ruptur im unteren Abschnitt der Speiseröhre und Mageninhalt in der linken Thoraxhöhle. Warum?**

223

224

A: Die Spontanzerreißung der Speiseröhre tritt eher bei älteren Männern auf und wird nach einem Arzt aus Leiden als Boerhaave-Syndrom bezeichnet. Der Ösophagus liegt im unteren Thoraxabschnitt links von der Mittellinie in unmittelbarer Nachbarschaft der Pars mediastinalis der Pleura parietalis. Er tritt etwa auf Höhe Wirbelkörper Th10 durch das Zwerchfell. Rupturen des unteren Ösophagusdrittels erfolgen daher nahezu immer in den Brustraum.

9.

F: **Bei einem 38-jährigen Mann wurde ein Ösophaguskarzinom reseziert. Die postoperativ durchgeführte Röntgenaufnahme des Thorax zeigt eine große**

Flüssigkeitsansammlung in der linken Pleurahöhle. Bei der Pleurapunktion wird eine weiße cremige Flüssigkeit abgezogen. Erklären Sie die Ursache.

A: Während der Operation muss der Chirurg versehentlich den Ductus thoracicus oberhalb des Wirbelkörpers Th4 verletzt haben. Wenn der Ductus thoracicus unterhalb der Wirbelkörperebene Th4 verletzt worden wäre, müsste sich der Chylus (die Lymphe im Ductus thoracicus wird aufgrund ihres Lipidgehalt auch als Chylus bezeichnet) auf der rechten Seite befinden.

10.

F: Im Rahmen einer Routineuntersuchung wird bei einem kleinen Jungen ein persistierender Ductus arteriosus diagnostiziert. Wofür ist der Ductus arteriosus notwendig?

A: Während der Schwangerschaft wird fetales Blut in der Plazenta mit Sauerstoff angereichert, nicht in den Lungen des Kindes (diese sind ja noch nicht entfaltet). Wenn dieses Blut im rechten Vorhof ankommt, wird es durch das Foramen ovale in den linken Vorhof weitergeleitet. Ein Teil des Bluts gelangt aber auch in den rechten Ventrikel und in den Truncus pulmonalis. Der größte Teil des Bluts im Truncus pulmonalis gelangt über den Ductus arteriosus (Botalli) direkt in die Aorta und umfließt somit die noch nicht entfalteten Lungen.

4 Abdomen

Übersicht

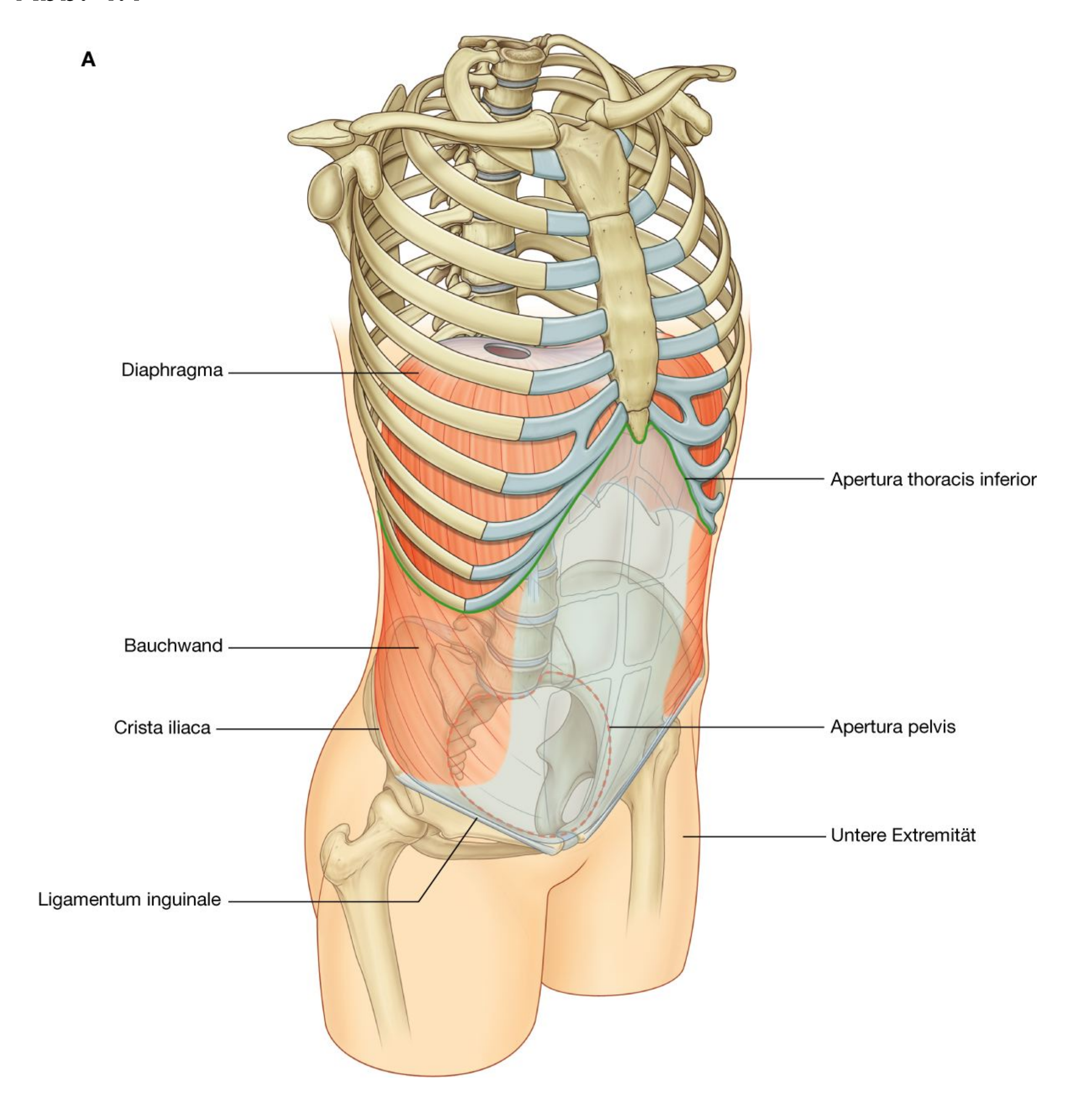
ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Das Abdomen ist ein nahezu zylindrischer Raum, der sich vom Unterrand des Thorax bis zum Oberrand des Beckens und zur unteren Extremität erstreckt (Abb. 4.1).

Die **Apertura thoracis inferior** bildet die obere Begrenzung des Abdomens und wird vom Zwerchfell verschlossen.Kaudal geht der tief liegende Anteil der Bauchwand an der **Apertura pelvis** in die Beckenwand über. Das untere Ende der oberflächlicheren Anteile der Bauchwand stellt zugleich die kraniale Grenze der unteren Extremität dar.

Der von der Bauchwand umschlossene Raum umfasst eine einzige große **Peritonealhöhle**, die frei mit der Beckenhöhle kommuniziert.

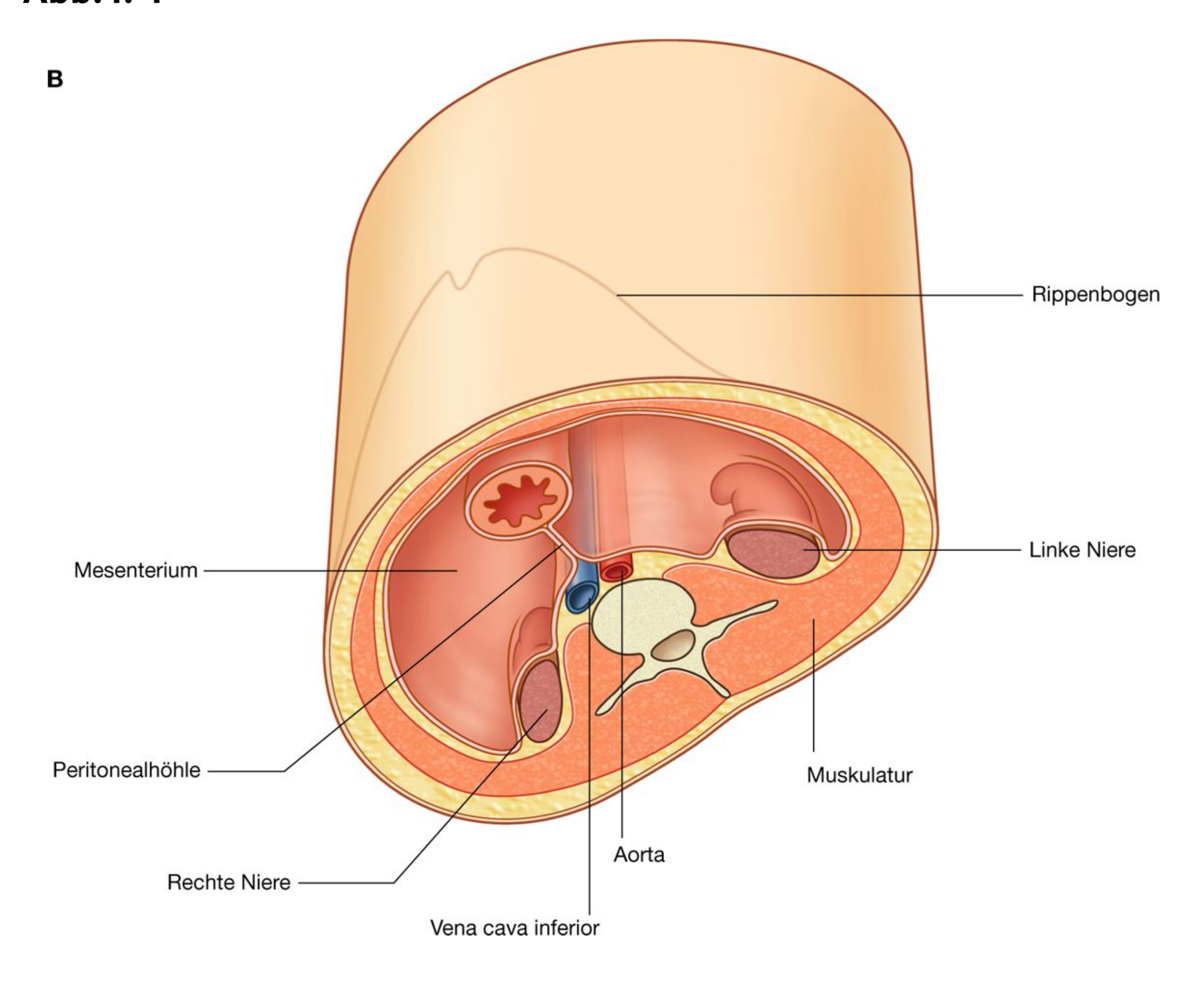
Abb. 4.1



Abdomen. **A**.Grenzen.

226

Abb.4. 1



B.Anordnung abdominaler Strukturen. Ansicht von kaudal.

Die Baucheingeweide liegen entweder in der Peritonealhöhle und sind über Mesenterien befestigt oder zwischen Bauchhöhle und der aus Muskulatur und Knochen aufgebauten Abdominalwand (Abb. 4.1B).

Zu den Eingeweiden des Bauchraums gehören:

- die großen Anteile des Gastrointestinaltrakts: der kaudale Abschnitt des Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm, Leber, Pankreas und Gallenblase
- Milz
- Anteile des Harnsystems: Nieren und Ureteren
- Nebennieren
- große Nerven und Gefäße.

FUNKTIONEN

Beinhaltet und schützt wichtige Eingeweide

Das Abdomen beherbergt den größten Teil des Gastrointestinaltrakts (Abb. 4.2) sowie die Milz und Teile des Harnsystems.

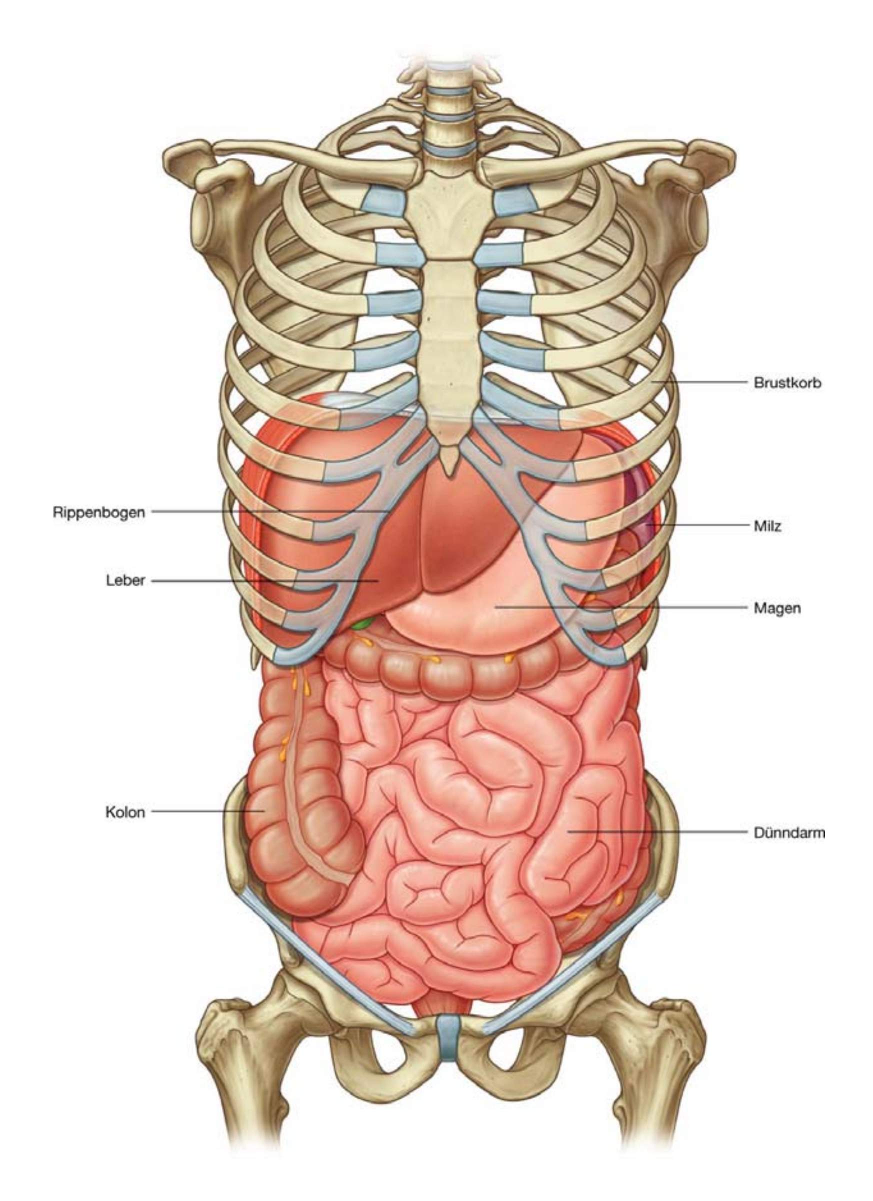
Der größte Teil von Leber, Gallenblase, Magen und Milz sowie Anteile des Kolons liegen unterhalb der Zwerchfellkuppeln, die ihrerseits oberhalb der Rippenbögen der Thoraxwand nach kranial ragen. Somit sind diese Baucheingeweide durch die Thoraxwand geschützt. Der obere Nierenpol liegt auf Höhe der unteren Rippen.

Die Eingeweide, die nicht unter den Zwerchfellkuppeln liegen, werden in erster Linie durch die ventrale Bauchwand, die überwiegend aus Muskulatur besteht, gehalten und geschützt.

227

228

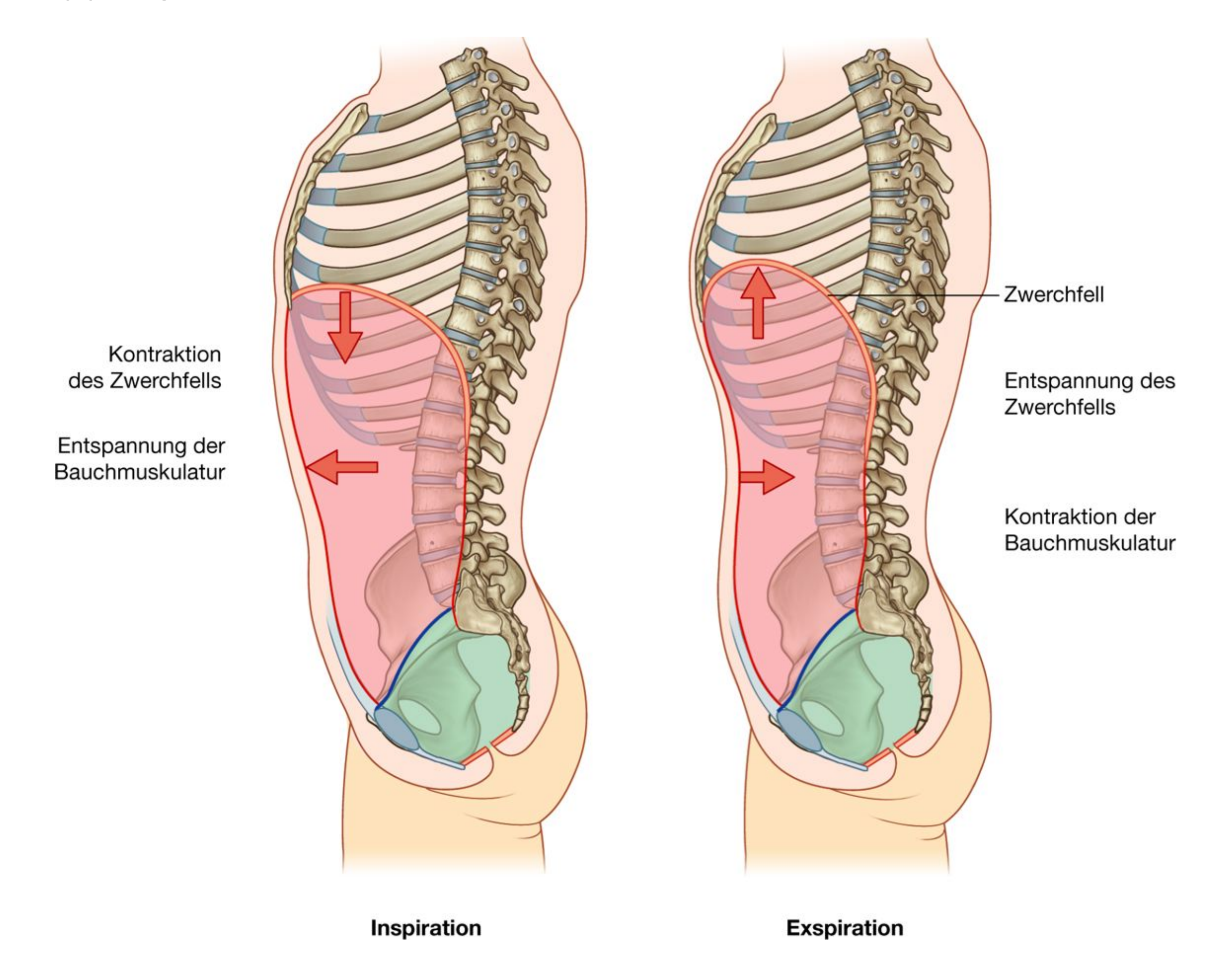
Abb. 4.2



Das Abdomen enthält und schützt die Baucheingeweide.

228

Abb. 4.3



Das Abdomen beteiligt sich an der Atmung.

Atmung

Eine der bedeutendsten Aufgaben der Bauchwand ist deren Beteiligung an der Atmung:

- Bei der Inspiration entspannt sich die Bauchwand, um bei der Zwerchfellkontraktion die Erweiterung der Brusthöhle und die Verschiebung der Baucheingeweide nach kaudal zu ermöglichen (Abb. 4.3).
- Bei der Exspiration kontrahiert die Bauchwand, um das Anheben der Zwerchfellkuppel zu unterstützen. Hierdurch wird eine Verkleinerung des Thoraxvolumens bewirkt.

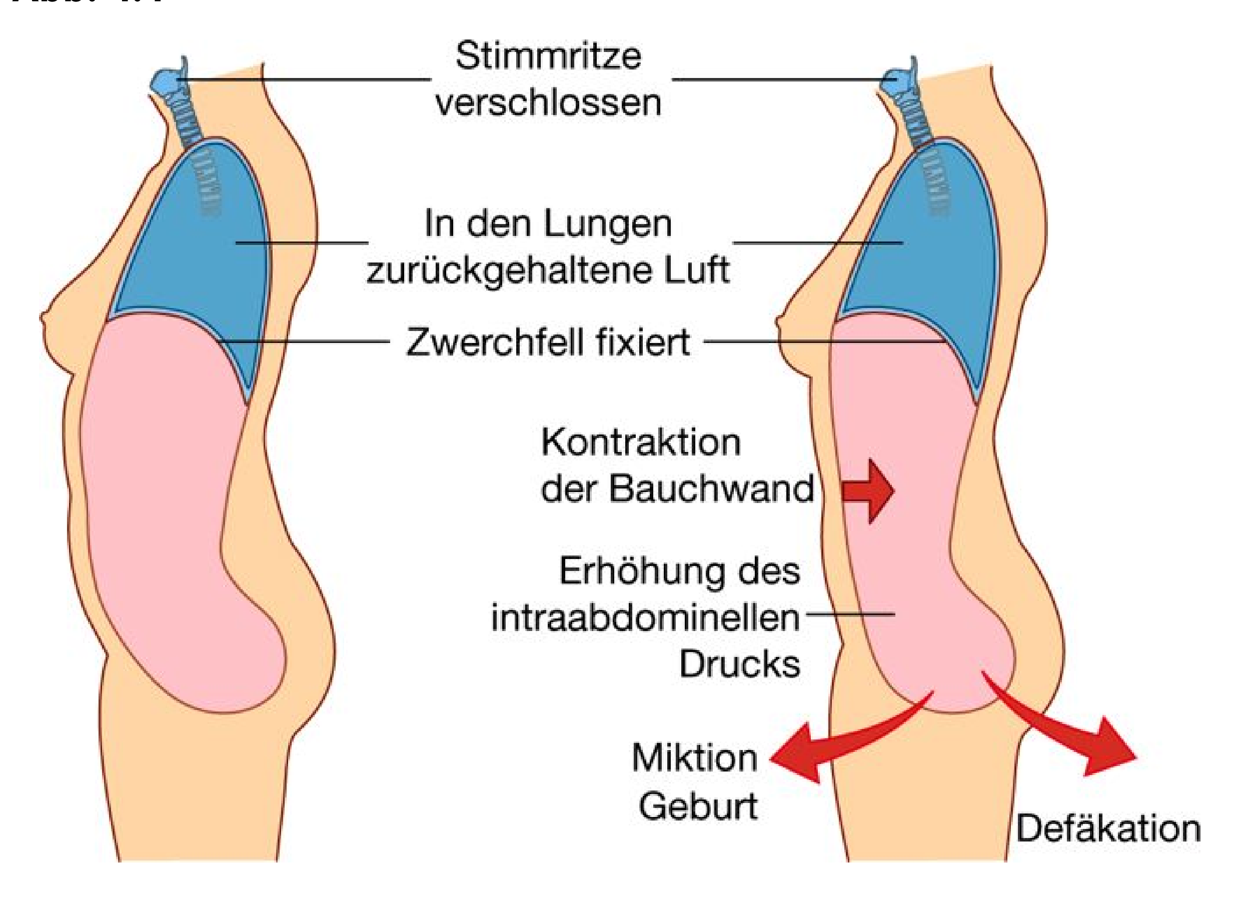
Mithilfe der Bauchmuskulatur können bei forcierte Exspiration Fremdkörper und Partikel aus den Luftwegen ausgestoßen werden, z. B. beim Husten und Niesen.

Veränderungen des intra-abdominellen Drucks

Die Kontraktion der Bauchwandmuskulatur kann bei fixiertem Zwerchfell einen sehr starken Anstieg des intraabdominellen Drucks bewirken (Abb. 4.4). Die Luft wird durch Verschluss der

Stimmritze des Larynx in den Lungen zurückgehalten. Der erhöhte intraabdominelle Druck unterstützt das Austreiben der Inhalte von Blase und Rektum sowie den Geburtsprozess.

Abb. 4.4



Erhöhung des intraabdominellen Drucks zur Unterstützung von Miktion, Defäkation und Geburt.

229
230

BESTANDTEILE

Wand

Die Bauchwand besteht teilweise aus Knochen, überwiegend jedoch aus Muskulatur (Abb. 4.5). Die knöchernen Strukturen der Bauchwand sind (Abb. 4.5A):

- die fünf Lumbalwirbel und die dazwischen liegenden Disci intervertebrales
- die kranialen Anteile der Beckenknochen
- die knöchernen Anteile des unteren Abschnitts der Brustwand. Hierzu zählen Rippenbogen, 12. Rippe, das Ende der 11. Rippe und der Processus xiphoideus.

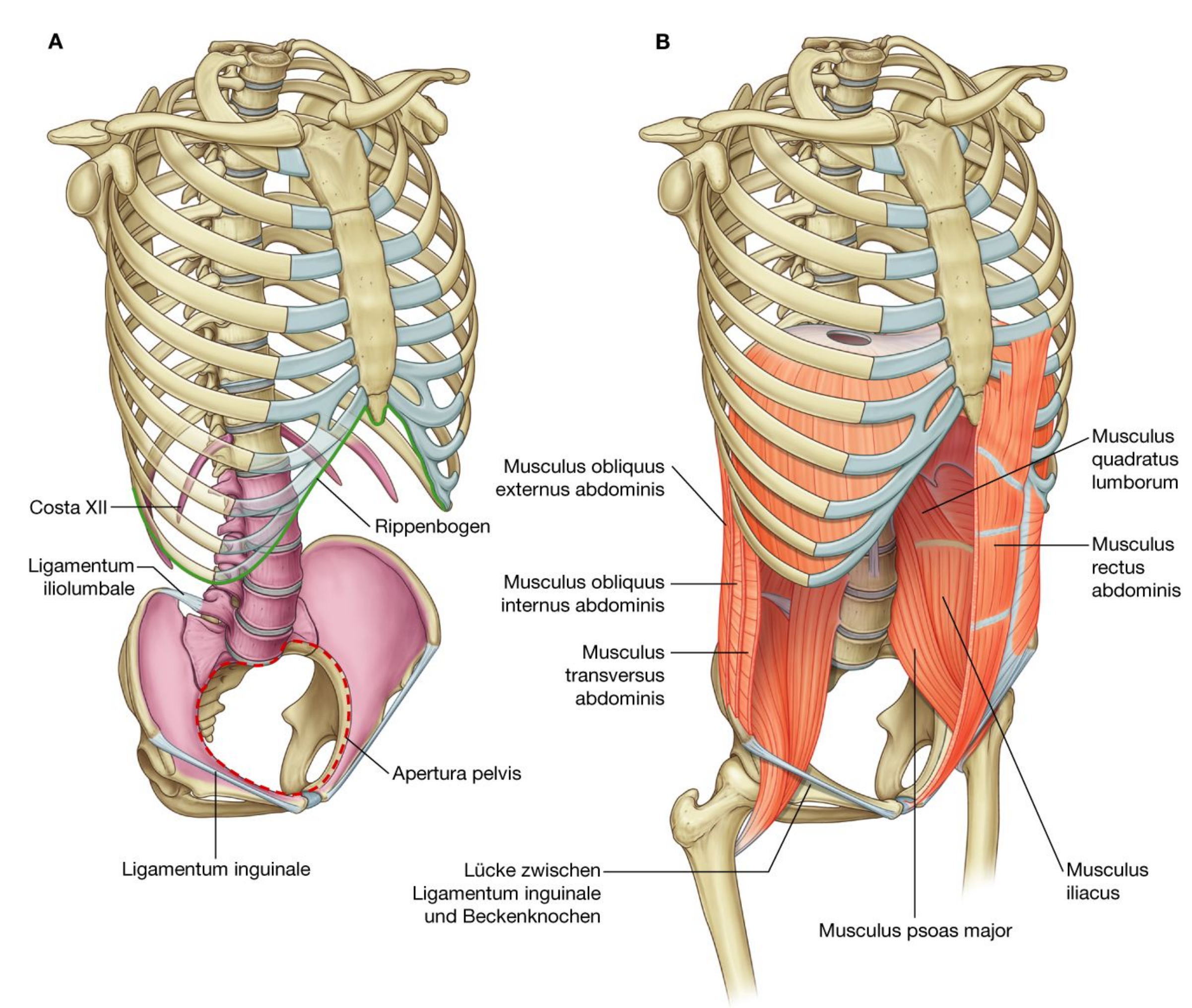
Die übrige Bauchwand besteht aus Muskulatur (Abb. 4.5B):

- Lateral der Wirbelsäule verstärken Musculi quadratus lumborum, psoas major und iliacus den dorsalen Abschnitt der Bauchwand. Die kaudalen Abschnitte der Musculi psoas major

und iliacus bilden den Musculus iliopsoas, ziehen zum Trochanter minor am Oberschenkel und stehen funktionell im Dienst der Beugung des Hüftgelenks.

- Die lateralen Anteile der Bauchwand werden größtenteils aus drei Muskelschichten gebildet, deren Ausrichtung jener der Interkostalmuskulatur des Thorax entspricht. Die drei Muskeln sind die Musculi transversus abdominis, obliquus internus abdominis und obliquus externus abdominis.
- Im ventralen Bereich erstreckt sich jeweils neben der Mittellinie ein segmentierter Muskel (Musculus rectus abdominis) vom unteren Abschnitt der Thoraxwand zum Becken.





Bauchwand. **A**. Knöcherne Strukturen. **B**. Muskulatur.

Die strukturelle Verbindung von hinteren, lateralen und vorderen Abschnitten der Bauchwand erfolgt dorsal durch eine kräftige Faszie und durch dünne Sehnenplatten (Aponeurosen), die von den Muskeln der lateralen Bauchwand stammen. Eine Faszienschicht variabler Dicke trennt die Bauchwand vom Peritoneum, das die Bauchhöhle von innen auskleidet.

230
231

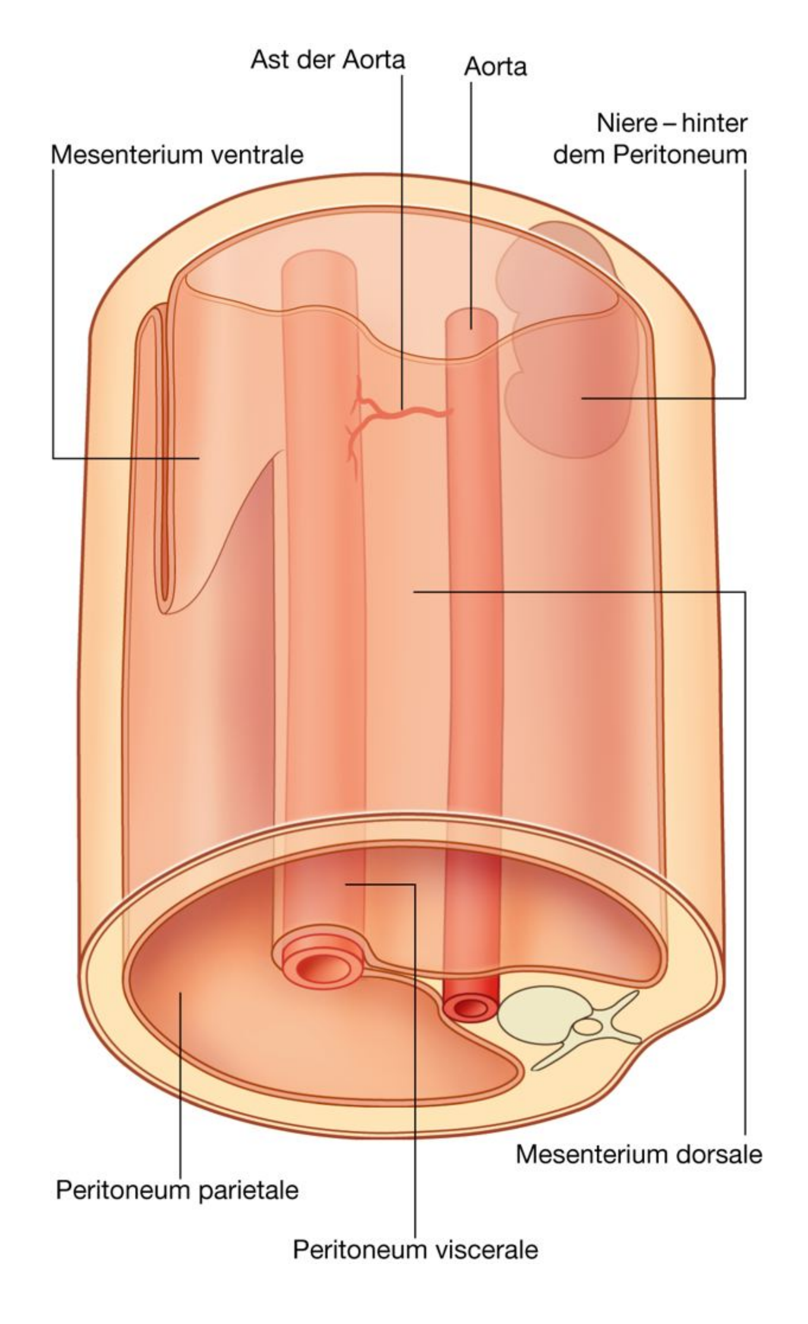
Cavitas abdominalis

Hinsichtlich ihres allgemeinen Aufbaus weist die Bauchhöhle ein zentrales Darmrohr (Gastrointestinaltrakt) auf, das an der hinteren und zum Teil auch an der vorderen Bauchwand an dünnen Bindegewebsplatten aufgehängt ist (**Mesenterien**, Abb. 4.6):

- ein ventrales (vorderes) Mesenterium für die proximalen Anteile des Darmrohrs
- ein dorsales (hinteres) Mesenterium im gesamten Verlauf des Trakts.

Die verschiedenen Anteile der beiden Mesenterien werden entsprechend den Organen, die sie aufhängen oder mit denen sie assoziiert sind, benannt.

Abb. 4.6



Das Darmrohr ist an Mesenterien befestigt.

Eingeweide, die in der Bauchhöhle nicht an Mesenterien befestigt sind, wie die Nieren, sind mit der Bauchwand verbunden.

Die Bauchhöhle wird vom **Peritoneum** (Bauchfell) ausgekleidet, das aus einer epithelartigen einlagigen Zellschicht **(Mesothel)** und einer verstärkenden Bindegewebsschicht besteht. Das Peritoneum ähnelt der Pleura und dem Pericardium serosum des Thorax.

Das Peritoneum schlägt von der Bauchwand auf die Mesenterien um, an denen die Eingeweide aufgehängt sind:

- Das **Peritoneum parietale** kleidet die Bauchwand aus.
- Das **Peritoneum viscerale** bedeckt die Eingeweide.

Normalerweise füllen die Anteile des Gastrointestinaltrakts und seine Anhangsgebilde die Bauchhöhle vollständig aus. Die Peritonealhöhle ist damit nur ein virtueller Raum. Das Peritoneum viscerale der Organe und das Peritoneum parietale sind frei gegeneinander verschieblich.

Die Baucheingeweide liegen entweder intraperitoneal oder retroperitoneal:

- **Intraperitoneale** Strukturen, wie die Anteile des Gastrointestinaltrakts, sind über Mesenterien an der Bauchwand befestigt.
- Strukturen, die nicht über Mesenterien in der Bauchhöhle aufgehängt sind und sich zwischen Peritoneum parietale und der Bauchwand befinden, liegen **retroperitoneal**.

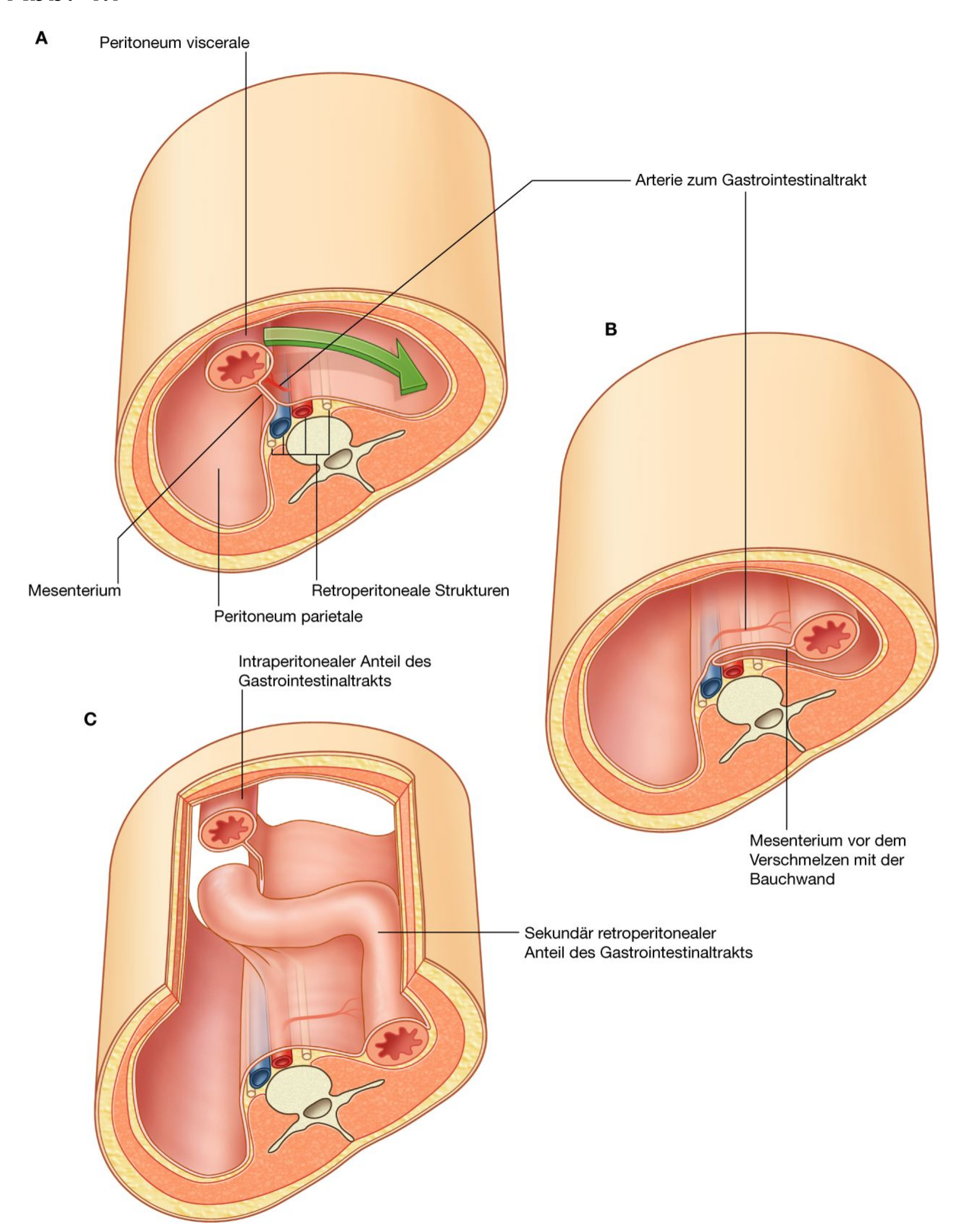
Zu den retroperitonealen Strukturen gehören Nieren und Ureteren, die sich zwischen Peritoneum und Bauchwand entwickeln und beim Erwachsenen diese Position beibehalten.

Manche Organe, wie Teile von Dünn- und Dickdarm, sind im Laufe der Entwicklung zunächst durch ein Mesenterium in der Bauchhöhle aufgehängt, erlangen jedoch später sekundär eine retroperitoneale Lage, indem sie mit der Bauchwand verschmelzen (Abb. 4.7).

Große Gefäße, Nerven und Lymphgefäße sind in der Medianebene des Körpers an den Stellen mit der Bauchwand assoziiert, an denen das Peritoneum im Laufe der Entwicklung die Bauchwand als dorsales Mesenterium verlässt, das den sich entwickelnden Darm stützt. Daher sind die Äste der Gefäße und Nerven, die zu Anteilen des Gastrointestinaltrakts ziehen, unpaar. Sie entspringen im ventralen Bereich der Ursprungsorgane und verlaufen in den Mesenterien oder ziehen nach retroperitoneal in Gebiete, in denen die Mesenterien mit der Bauchwand verschmolzen sind.

Allgemein zweigen Gefäße, Nerven und Lymphgefäße für die Bauchwand und für die Organe, die sich retroperitoneal entwickeln, beidseits lateral an den zentralen Gefäßen und Nerven ab. Sie sind daher paarig angelegt, eines auf jeder Seite.

Abb. 4.7



Die Bildfolge stellt die Entwicklung (**A** bis **C**) eines Organs von einer zunächst intraperitonealen zu einer sekundär retroperitonealen Lage dar.

Apertura thoracis inferior

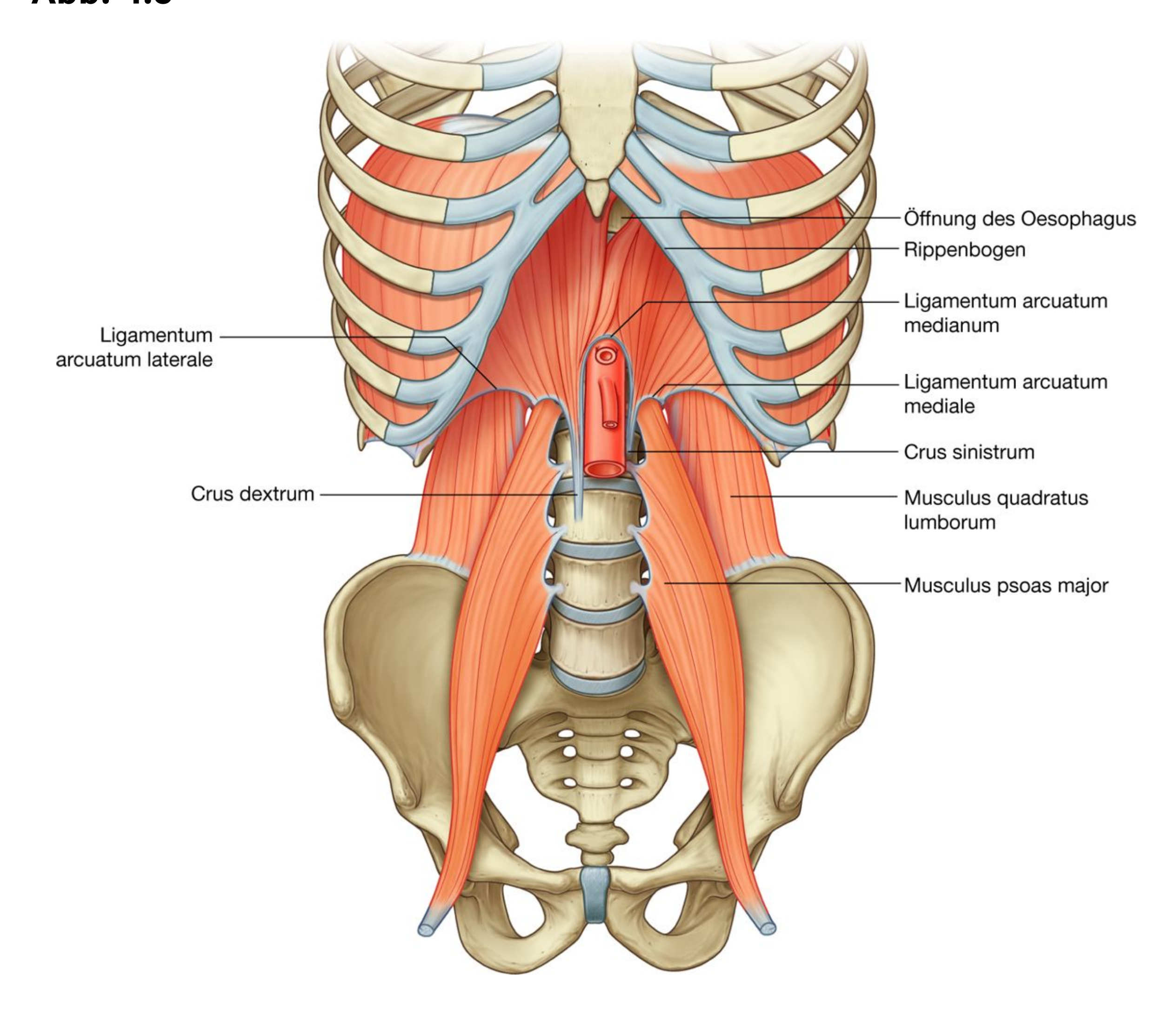
Die obere Öffnung des Abdomens ist die Apertura thoracis inferior, die vom Zwerchfell verschlossen wird. Der Rand der Apertura thoracis inferior wird vom 12. Thorakalwirbel, von der 12. Rippe, dem distalen Ende der 11. Rippe, dem Rippenbogen sowie dem Processus xiphoideus sterni gebildet.

Diaphragma

Das fibromuskuläre Diaphragma (Zwerchfell) grenzt das Abdomen gegen den Thorax ab.

Das Zwerchfell ist am Rand der unteren Thoraxapertur befestigt. Dabei ist die Verankerung im Bereich der Lumbalwirbelsäule komplex (Abb. 4.8). Beidseits verankert ein muskulärer Schenkel (Crus) das Zwerchfell an der Facies anterolateralis der Wirbelsäule. Hierbei befindet sich das kaudale Ende der Befestigung rechts am 3. Lumbalwirbel, links am 2. Lumbalwirbel.

Abb. 4.8



Apertura thoracis inferior und Zwerchfell.

Da der Rippenbogen dorsal teilweise durch Muskeln verborgen ist und vom Zerchfell nicht erreicht werden kann, ist das Zwerchfell hier über bogenförmige Bänder (Ligamenta arcuata) verankert, die die Lücken zwischen den vorhandenen knöchernen Anheftungsstellen sowie die dazwischen liegende Muskulatur überbrücken:

- Das **Ligamentum arcuatum mediale** und das **Ligamentum arcuatum laterale** ziehen über Muskeln der hinteren Bauchwand und sind am 2. Lumbalwirbel, am Processus transversus des 1. Lumbalwirbels und an der 12. Rippe befestigt.
- Das **Ligamentum arcuatum medianum** zieht über die Aorta und geht beidseits in das jeweilige Crus mediale des rechten und des linken lumbalen Zwerchfellschenkels (Crus dextrum und Crus sinistrum – beide Schenkel werden wiederum in ein Crus mediale und ein Crus laterale unterteilt) über.

Die hintere Befestigung des Zwerchfells reicht viel weiter nach kaudal als die vordere Anheftung. Daraus folgt, dass das Zwerchfell ein wichtiges Element der hinteren Bauchwand ist, dem eine Reihe von Eingeweiden angelagert ist.

233
234

Apertura pelvis (kleines Becken)

Die Bauchwand geht im Bereich der Apertura pelvis in die Beckenwand über. Zudem ist die Bauchhöhle mit der Beckenhöhle verbunden.

Die kreisförmige Begrenzung der Apertura pelvis wird vollständig von Knochen gebildet:

- hinten vom Os sacrum
- vorn von der Symphysis pubica
- lateral jeweils von einer Knochenleiste auf dem Os coxae (Abb. 4.9).

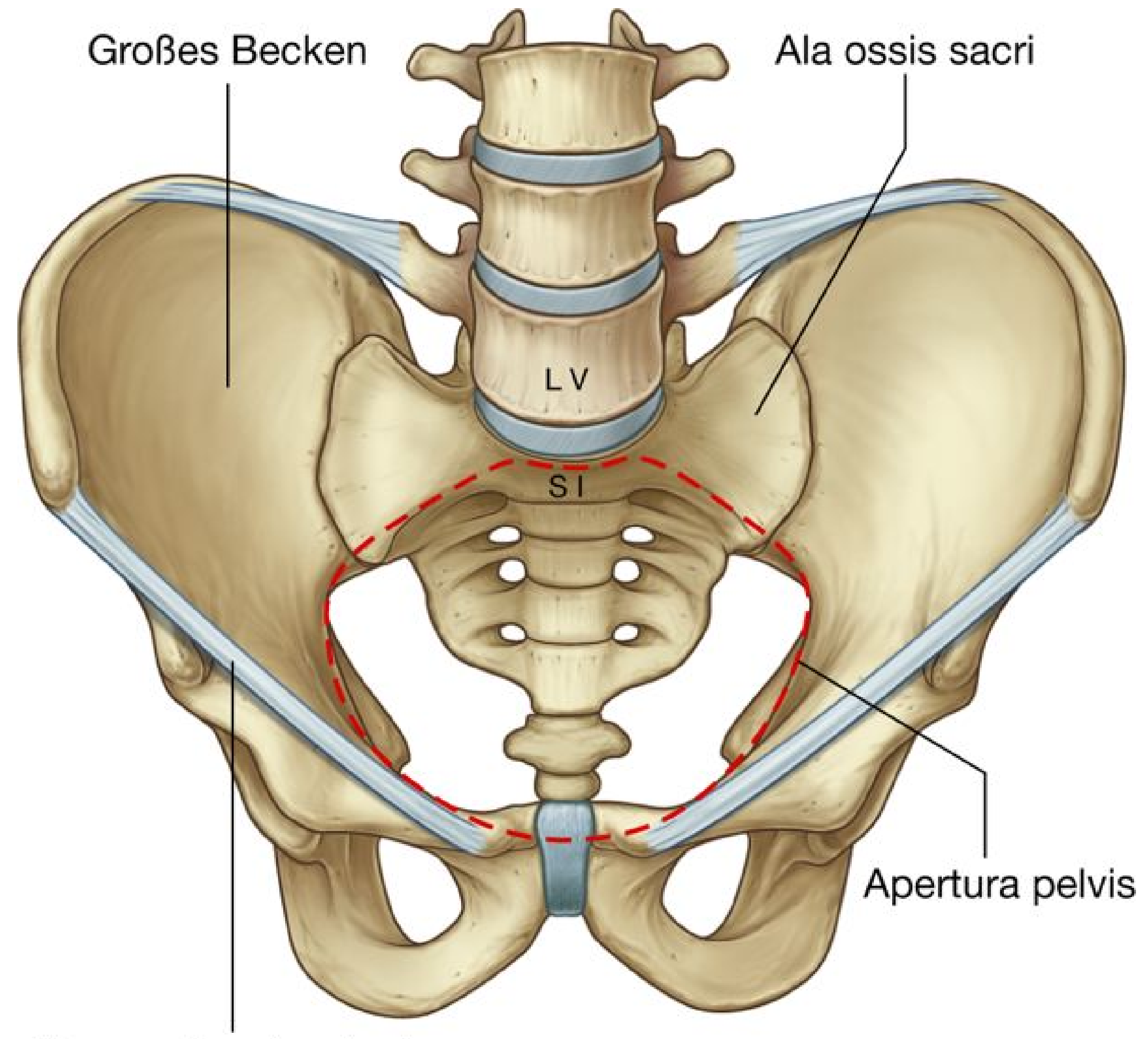
Da das Os sacrum und die an ihm befestigten Beckenknochen relativ zur Wirbelsäule nach hinten abgewinkelt sind, liegt die Beckenhöhle in einer anderen vertikalen Ebene als die Bauchhöhle. Dabei sind die Beckenhöhle nach hinten und der Beckeneingang nach vorn und leicht nach oben geneigt (Abb. 4.10).

BEZIEHUNGEN ZU ANDEREN REGIONEN

Thorax

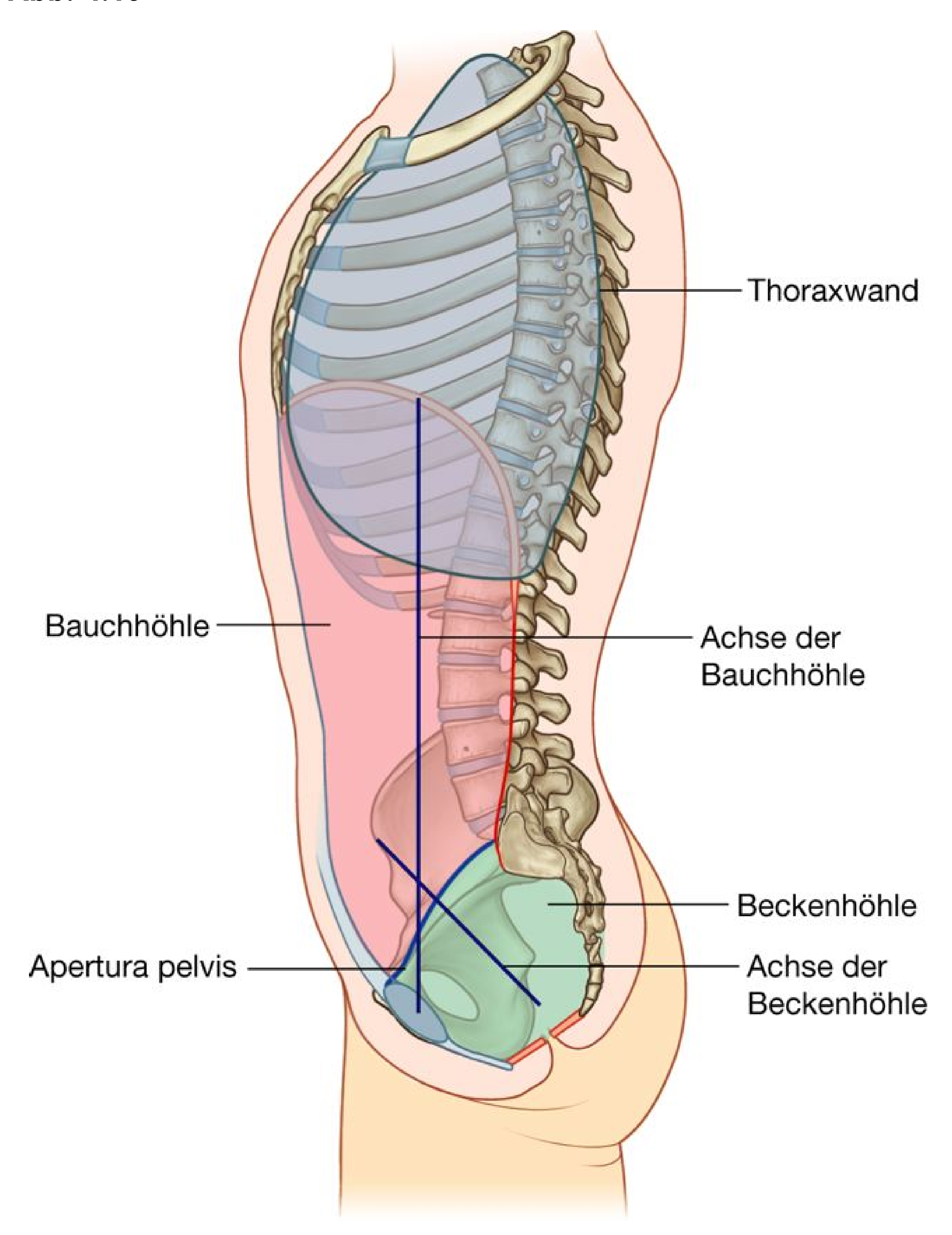
Das Abdomen wird vom Thorax durch das Zwerchfell getrennt. Strukturen, die zwischen beiden Gebieten verlaufen, ziehen durch das Zwerchfell oder verlaufen dorsal vom Zwerchfell (Abb. 4.8).

Abb. 4.9



Apertura pelvis.

Abb. 4.10



Ausrichtung von Bauch- und Beckenhöhle.

Becken

Die Apertura pelvis öffnet sich direkt in den Bauchraum. Sie wird von Strukturen durchzogen, die vom Bauch zum Becken verlaufen.

Das die Bauchhöhle auskleidende Peritoneum geht in das Peritoneum des Beckens über. Die Bauchhöhle geht damit kontinuierlich in die Beckenhöhle über (Abb. 4.11). *Entzündungen eines Gebiets können deshalb leicht auf andere Gebiete übergreifen*.

Die Harnblase reicht kranial über die Beckenhöhle hinaus bis in die Bauchhöhle. Ebenso tritt im Laufe der Schwangerschaft der wachsende Uterus kranialwärts aus der Beckenhöhle in die Bauchhöhle.

Untere Extremität

Über eine Öffnung, die vorn zwischen der unteren Grenze der Bauchwand (gekennzeichnet durch das Ligamentum inguinale) und den Beckenknochen besteht (Abb. 4.12), kommuniziert das Abdomen direkt mit der Hüfte. Durch die Öffnung ziehen folgende Strukturen:

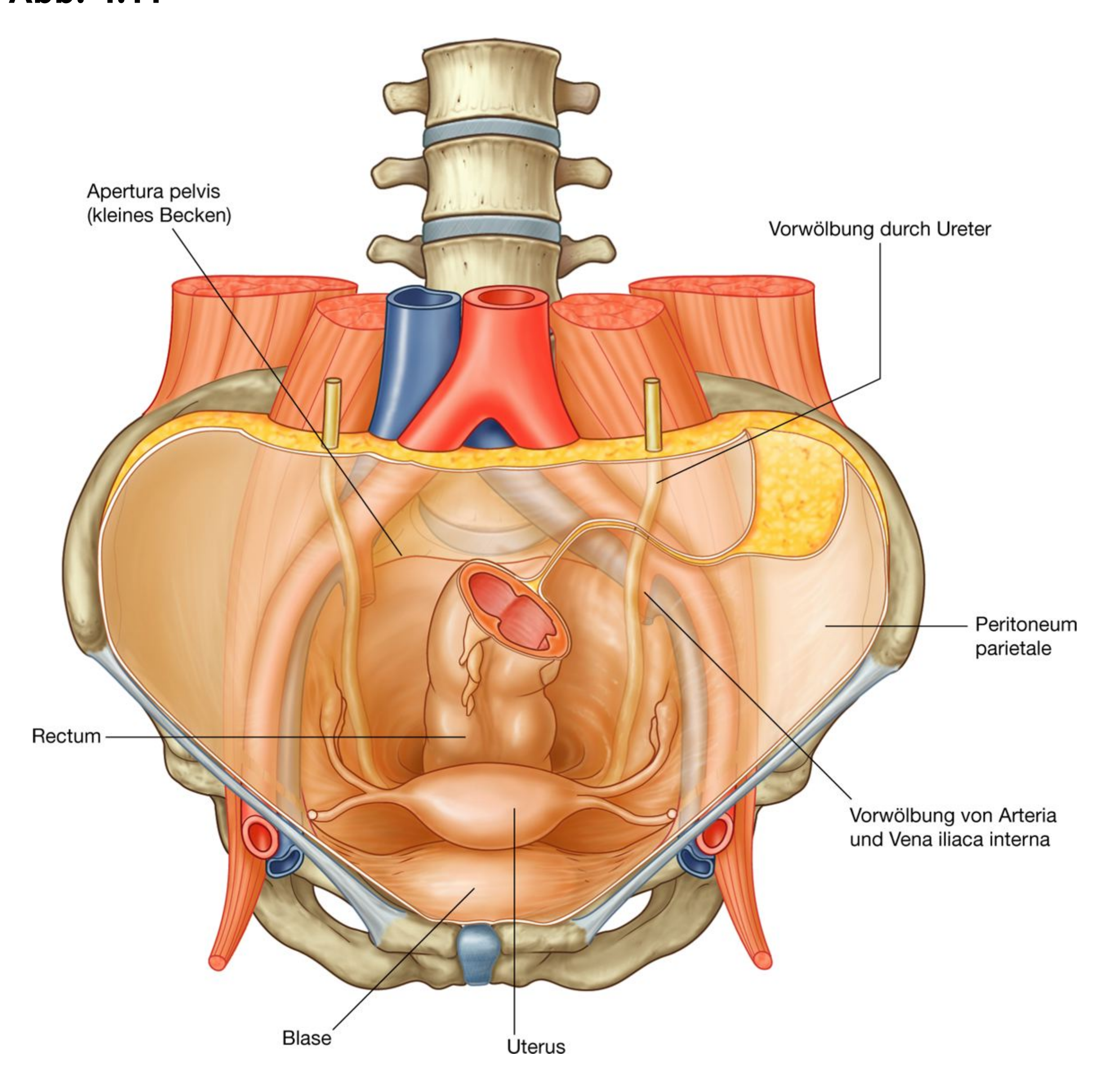
- die großen Arterien und Venen der unteren Extremität
- der Nervus femoralis, der den Musculus quadriceps femoris (bewirkt Streckung im Kniegelenk) innerviert

234

235

- Lymphgefäße
- die distalen Abschnitte der Musculi psoas major und iliacus, die im Hüftgelenk beugen.

Abb. 4.11



Die Bauchhöhle geht in die Beckenhöhle über.

Die Gefäße, die unterhalb des Ligamentum inguinale vom Becken zum Oberschenkel durchtreten, erhalten neue Namen – die aus dem Abdomen kommenden Arteria und Vena iliaca externa werden am Oberschenkel zu Arteria und Vena femoralis.

BESONDERE MERKMALE

Anordnung der Bauchorgane beim Erwachsenen

Um die Anordnung der abdominalen Organe und Mesenterien zu verstehen, ist ein gewisses Grundwissen über die Entwicklung des Gastrointestinaltrakts unabdingbar (Abb. 4.13).

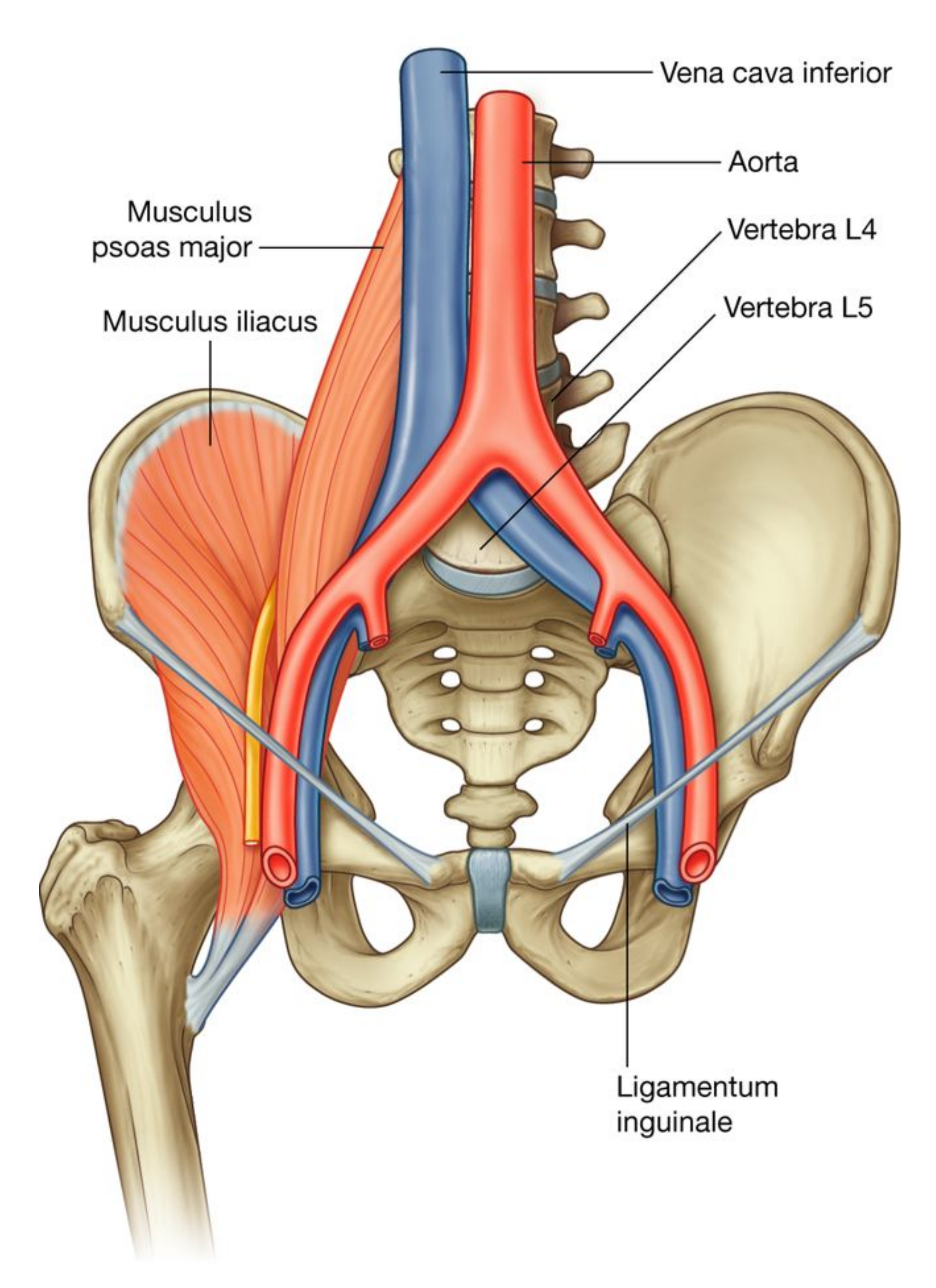
In der frühen Entwicklung ist der Gastrointestinaltrakt in der Körperhöhle longitudinal ausgerichtet und an den umgebenden Wänden durch ein großes dorsales Mesenterium sowie ein viel kleineres ventrales Mesenterium befestigt.

Kranial sind das dorsale und ventrale Mesenterium am Zwerchfell verankert.

Das primitive Darmrohr besteht aus Kopfdarm, Mitteldarm und Enddarm. Durch starkes Längenwachstum des Darmrohrs, Rotation einiger Darmabschnitte und sekundäre Verschmelzungsprozesse einiger Organe sowie der zugehörigen Mesenterien mit der Bauchwand entsteht die beim Erwachsenen charakteristische Anordnung der Bauchorgane.

235
236

Abb. 4.12



Vom Abdomen zur Hüfte verlaufende Strukturen.

Entwicklung des Kopfdarms

Im Bereich des Abdomens gehen aus dem **Kopfdarm** der distale Abschnitt des Ösophagus, Magen und proximales Duodenum hervor. Der Kopfdarm ist der einzige Anteil des Darmrohrs, der über ein dorsales und ein ventrales Mesenterium befestigt ist.

Am vorderen Bereich des Kopfdarms entsteht die Leberanlage als Ausbuchtung des Entoderms. Sie wächst in das ventrale Mesenterium ein. Aus ihr gehen Leber, Gallenblase und schließlich der ventrale Anteil des Pankreas hervor.

Der dorsale Anteil des Pankreas entwickelt sich aus einer Ausstülpung des Kopfdarms im dorsalen Mesenterium. Die Milz entwickelt sich im dorsalen Mesenterium zwischen Bauchwand und primitivem Magen.

Der sich entwickelnde Magen ist Teil des Kopfdarms und rotiert im Uhrzeigersinn, während sich sein dorsales Mesenterium, in dem auch die Milzanlage liegt, nach links verlagert und stark vergrößert. Im Laufe dieses Prozesses verbindet sich ein Teil des jetzt als dorsales Mesogastrium bezeichneten Mesenterium dorsale mit der linken Seite der Bauchwand und verschmilzt sekundär mit dieser.

Gleichzeitig dreht sich das Duodenum gemeinsam mit seinem Mesenterium und verschmilzt mit der Bauchwand.

Durch die sekundäre Verschmelzung des Duodenums mit der Bauchwand, das massive Wachstum der Leber innerhalb des Mesenterium ventrale sowie die Verschmelzung der Facies superior der Leber mit dem Zwerchfell wird die Öffnung verkleinert, die in einen vom vergrößerten Mesenterium dorsale des Magens umschlossenen Raum führt. Diese Öffnung heißt **Foramen omentale (Foramen epiploicum)** und führt in die Bursa omentalis.

Der Teil der Bauchhöhle, der sich hinter dem Magen befindet und vom vergrößerten Mesenterium dorsale eingeschlossen wird, heißt **Bursa omentalis (Saccus minor)**. Die Bursa omentalis steht unterhalb des freien Randes des Mesenterium ventrale (das zum Omentum minus wird) durch das Foramen omentale mit dem restlichen Abschnitt der Peritonealhöhle **(Saccus major)** in offener Verbindung.

Ein Teil des Mesenterium dorsale, der ursprünglich einen Abschnitt der Bursa omentalis bildet, vergrößert sich zunächst stark kaudalwärts. Dabei verschmelzen die beiden gegenüberliegenden Oberflächen des Mesenteriums und bilden eine schürzenartige Struktur **(Omentum majus)**. Das Omentum majus ist an der großen Magenkurvatur aufgehängt, bedeckt die restlichen Organe der Bauchhöhle und ist die erste Struktur, die beim Eröffnen der Bauchhöhle von vorn erkennbar ist.

Entwicklung des Mitteldarms

Aus dem Mitteldarm gehen der untere Abschnitt des Duodenums, Jejunum, Ileum, Colon ascendens und die ersten zwei Drittel des Colon transversum hervor. Vom sich in der Entwicklung befindlichen Mitteldarm aus verläuft ein kleiner Dottergang ventralwärts in den

Bauchnabel (Der Dottergang ist durch die Abfaltung des definitiven Darmrohrs [Mitteldarm] vom Dottersack entstanden. Er bildet sich mit dem Dottersack nach der Obliteration der Chorionhöhle zurück [siehe Lehrbücher der Embryologie]. *Der Dottergang kann als Meckel-Divertikel erhalten bleiben und enthält häufig ektope Magenschleimhaut.*)

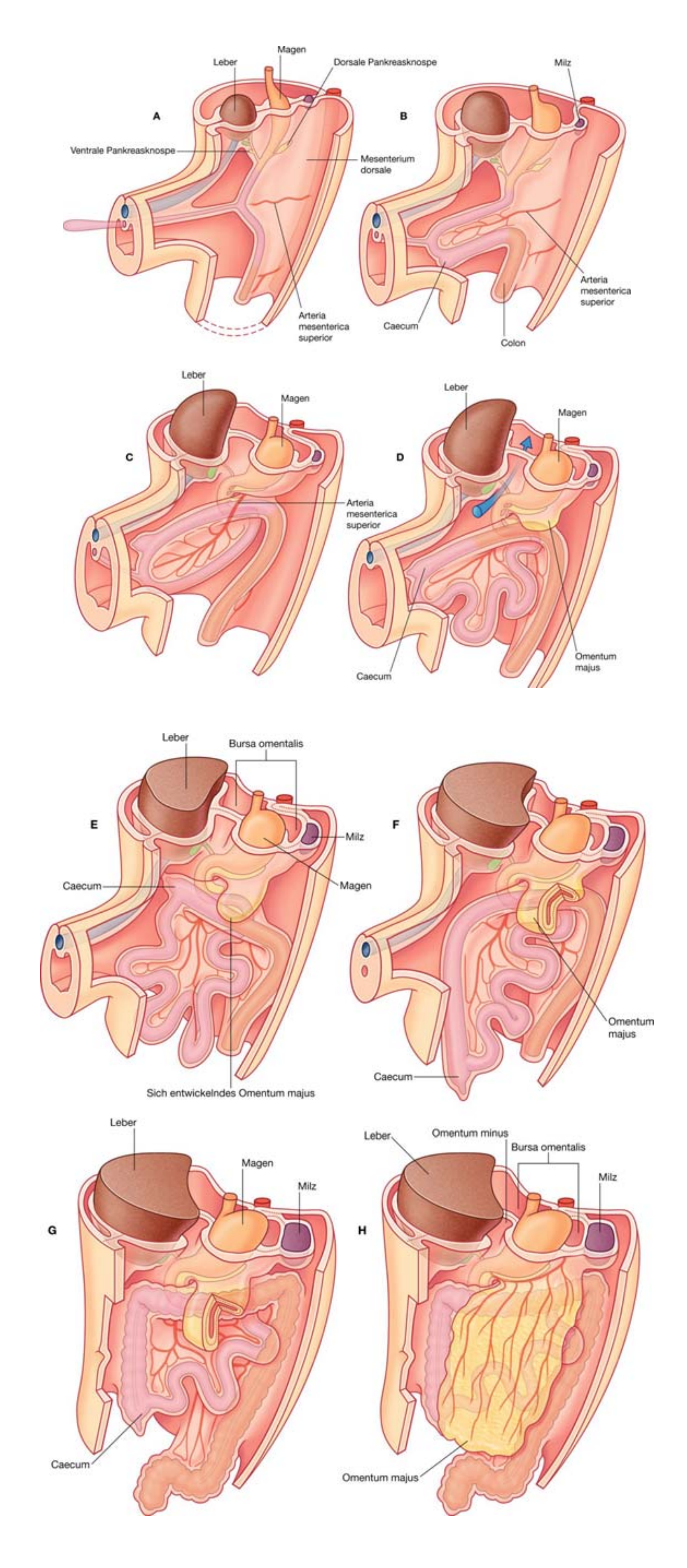
Durch das schnelle Wachstum des Gastrointestinaltrakts haben die Darmschlingen nicht mehr genügend Platz in der Bauchhöhle. Es kommt zum physiologischen Nabelbruch; ein Teil der Darmschlingen wird nach außen in das Nabelzölom verlagert. Durch die Vergrößerung des Körpers und die Auflösung der Verbindung zum Dottersack kehrt der Mitteldarm in der 11. Schwangerschaftswoche wieder in die Bauchhöhle zurück. Während oder kurz vor der Rückverlagerung rotieren die beiden Schenkel der Mitteldarmschleife entgegen dem Uhrzeigersinn um ihre gemeinsame zentrale Achse (Darm drehung). Der Abschnitt, der sich zum Zäkum entwickelt, gelangt in den unteren rechten Teil der Bauchhöhle.

236
237

Das Zäkum behält seine intraperitoneale Lage bei, das Colon ascendens verschmilzt mit der dorsalen Bauchwand und erhält somit eine sekundär retroperitoneale Lage; das Colon transversum ist weiterhin an seinem dorsalen Mesenterium (Mesocolon transversum) aufgehängt. Das Omentum majus bedeckt das Colon transversum und das Mesokolon und verschmilzt üblicherweise mit diesen Strukturen.

237

Abb. 4.13



Die Bildfolge (**A** bis **H**) stellt die Entwicklung des Darms und der Mesenterien dar.

Entwicklung des Enddarms

Aus dem Enddarm entwickeln sich das letzte Drittel des Colon transversum, Colon descendens, Colon sigmoideum sowie der obere Rektumabschnitt.

Die proximalen Anteile des Enddarms drehen sich nach rechts und werden zu Colon descendens und Colon sigmoideum. Colon descendens und sein Mesenterium dorsale verschmelzen mit der Bauchwand und liegen somit teilweise sekundär retroperitoneal; das Colon sigmoideum bleibt intraperitoneal. Es tritt durch die Apertura pelvis und geht auf Höhe des 3. Sakralwirbels in das Rektum über.

Haut und Muskulatur der vorderen und seitlichen Bauchwand und thorakale Interkostalnerven

Die Rami anteriores der thorakalen Spinalnerven aus Th7 bis Th12 folgen dem Verlauf der lateralen Abschnitte der Rippen und ziehen über den Rippenbogen hinweg, um in die Bauchwand einzutreten (Abb. 4.14). Die Nervi intercostales aus Th7 bis Th11 innervieren ebenso wie der Nervus subcostalis aus Th12 Haut und Muskulatur der Bauchwand. Zusätzlich innervieren die Rami anteriores aus Th5 und Th6 den oberen Anteil des Musculus obliquus externus abdominis; der Ramus anterior aus Th6 innerviert darüber hinaus die Haut über dem Processus xiphoideus.

Haut und Muskulatur in der Regio inguinalis und Regio suprapubica der Bauchwand werden nicht durch Thorakalnerven, sondern über den Spinalnerv aus L1 innerviert.

Die Dermatome der vorderen Bauchwand sind in Abb. 4.14 dargestellt. Im Bereich der Mittellinie werden die Haut auf dem Angulus infrasternalis aus Th6 und die Haut um den Nabel über Th10 innerviert. Die Haut der Regiones inguinalis und suprapubica wird über L1 innerviert.

Die Muskeln der Bauchwand werden segmental, dem Muster der darüberliegenden Dermatome entsprechend, innerviert.

Die Leiste ist eine Schwachstelle der vorderen Bauchwand

Im Laufe der Entwicklung bewegen sich die Gonaden bei beiden Geschlechtern von ihrer ursprünglichen Lage in der Bauchhöhle distalwärts, bei der Frau in die Beckenhöhle und beim Mann in den Hoden (Abb. 4.15).

Vor ihrem Deszensus wird die vordere Bauchwand von einem fibrösen Band **(Gubernaculum)** durchzogen, das den kaudalen Pol jeder Gonade mit den Primordia des Hodens beim Mann oder der Labia majora bei der Frau verbindet (Labioskrotalwülste).

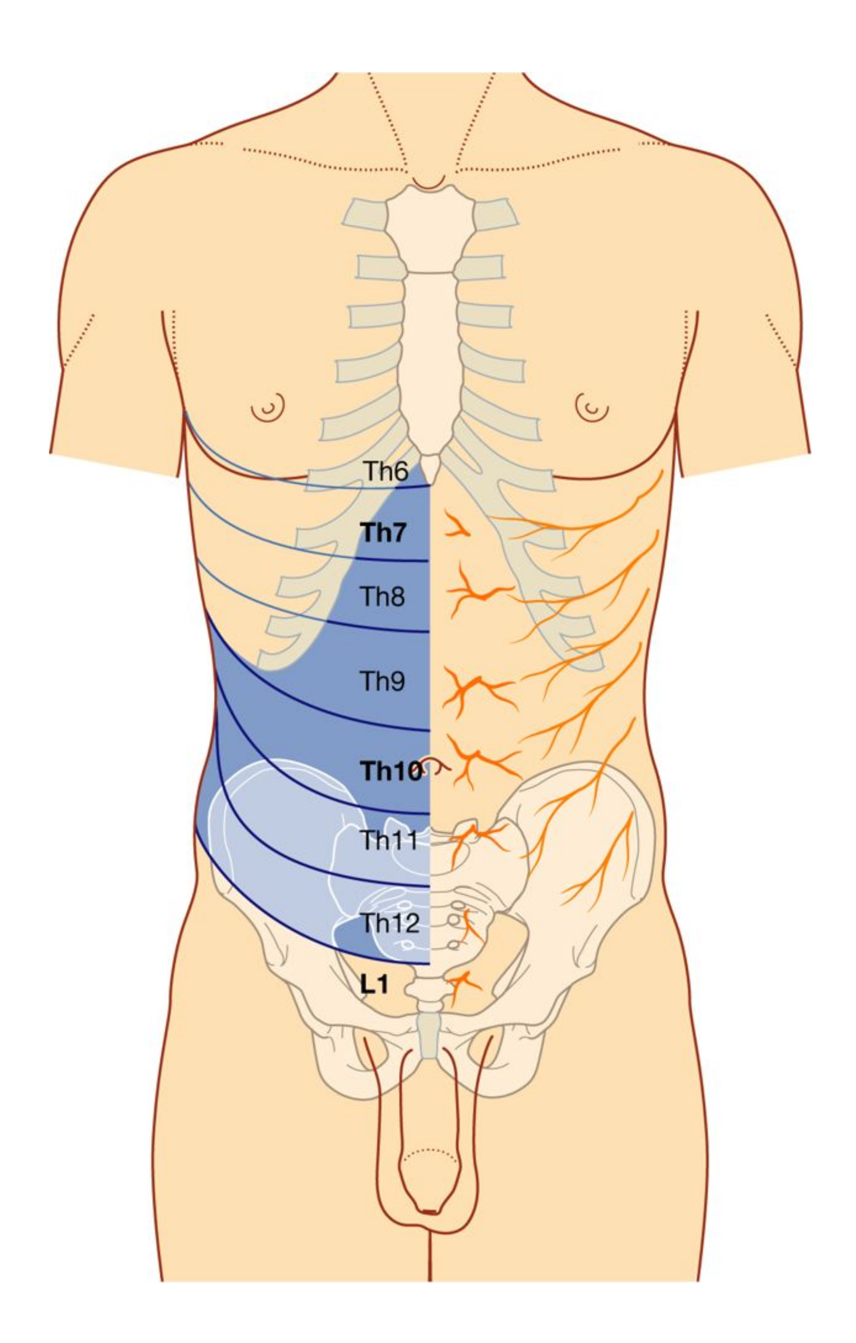
Ein tubulärer Ausläufer **(Processus vaginalis)** der Peritonealhöhle und die ihn begleitenden Schichten der Muskulatur der vorderen Bauchwand erstrecken sich entlang dem Gubernaculum in die Labioskrotalwülste.

Beim Mann steigt der Hoden gemeinsam mit seinen Gefäßen und Nerven sowie dem Samenleiter (Ductus deferens) in das Skrotum ab. Der Deszensus erfolgt entlang dem ursprünglich durch das Gubernaculum testis vorgegebenen Weg, der zwischen Processus vaginalis und den ihm aufliegenden, von der Bauchwand abstammenden Schichten verläuft.

Der Durchtrittskanal, der über den Processus vaginalis in der vorderen Bauchwand zustande kommt, heißt **Canalis inguinalis** (Leistenkanal). Als **Funiculus spermaticus** bezeichnet man den tubulären Ausläufer der Bauchwandschichten, die bis in das Skrotum reichen und die Strukturen enthalten, die vom Hoden zum Abdomen oder vom Abdomen zum Hoden verlaufen.

Der distale, sackartige terminale Abschnitt des Samenstrangs enthält beidseits den Hoden, die mit ihm assoziierten Strukturen und einen isolierten Teil der Peritonealhöhle (Tunica vaginalis).

Abb. 4.14



Innervation der vorderen Bauchwand.

Bei der Frau steigen die Gonaden (Ovarien) bis zu einem Bereich ab, der gerade noch innerhalb der Peritonealhöhle liegt, und treten somit nicht durch die vordere Bauchwand. Daraus folgt, dass außer Lymphgefäßen als einzige Struktur ein Derivat des Gubernaculums (Ligamentum teres uteri) durch den Canalis inguinalis zieht.

Bei Männern und Frauen ist die Leistengegend (Regio inguinalis) eine Schwachstelle der vorderen Bauchwand (Abb. 4.15).

Wirbelebene L1

Die transpylorische Ebene teilt den Körper auf Höhe des ersten Lumbalwirbels horizontal (Abb. 4.16):

- Sie befindet sich etwa auf der Hälfte der Entfernung zwischen Incisura jugularis und Symphysis pubica und schneidet den Rippenbogen beidseits etwa auf Höhe des 9. Rippenknorpels.
- Sie verläuft durch die Magenöffnung in das Duodenum (Ostium pyloricum), das sich unmittelbar rechts vom Wirbelkörper des 1. Lumbalwirbels befindet. Das Duodenum vollzieht im weiteren Verlauf eine C-förmige Schleife auf der hinteren Bauchwand und tritt über die Mittellinie hinweg, um schließlich unmittelbar links des 2. Lumbalwirbelkörpers in das Jejunum überzugehen. Der Pankreas kopf (Caput pancreatis) wird von der Duodenalschleife rechts eingerahmt, das Corpus pancreatis ragt über die Mittellinie nach links.
- Sie verläuft durch das Corpus pancreatis.
- Sie spiegelt ungefähr die Position der Nierenhila wider. Da die linke Niere etwas höher liegt als die rechte Niere, schneidet die transpylorische Ebene den unteren Bereich des linken Nierenhilums und den oberen Bereich des rechten Nierenhilums.

Der Gastrointestinaltrakt und seine Anhangsgebilde werden überwiegend von drei Arterien mit Blut versorgt

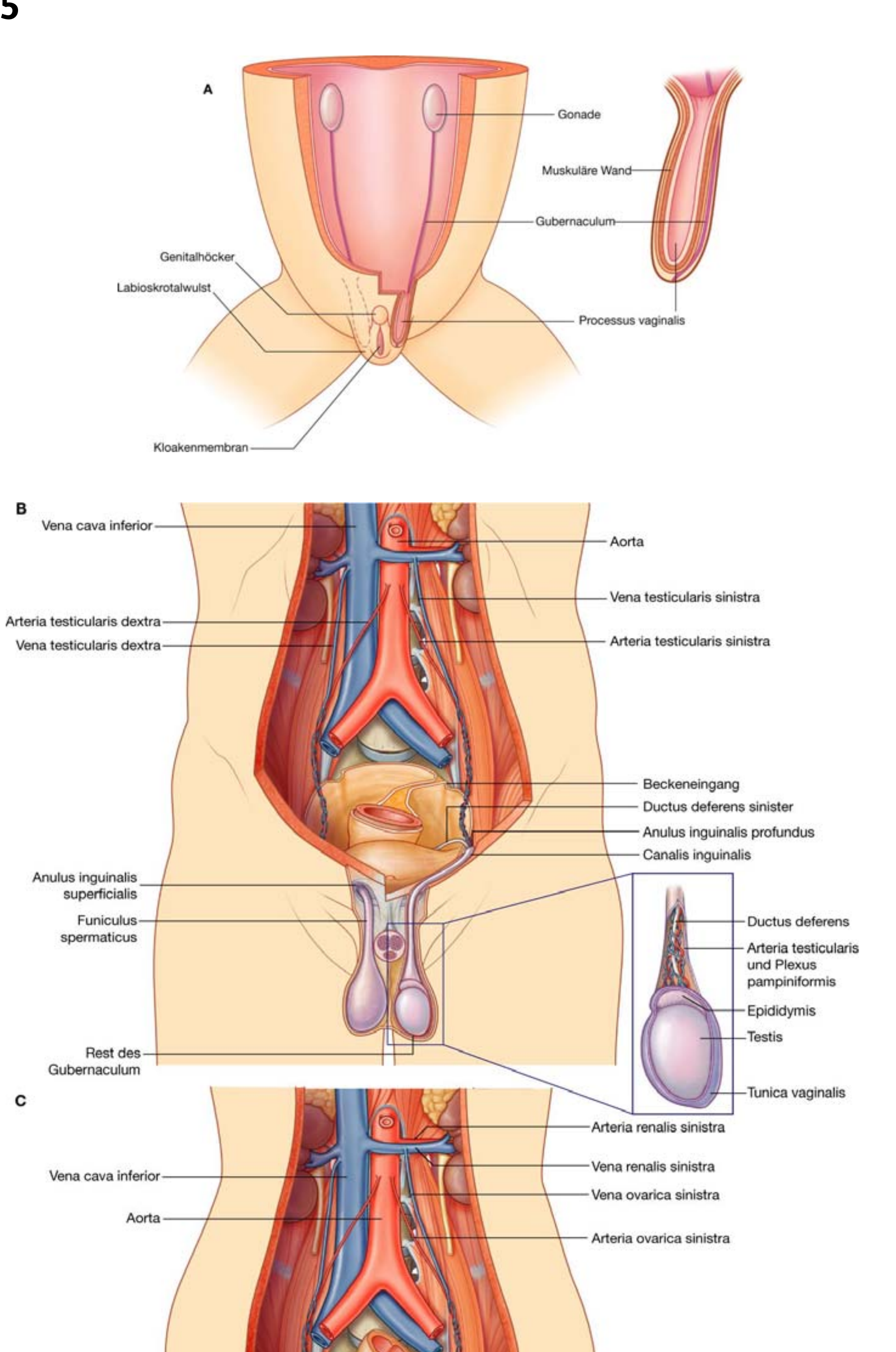
Drei große unpaare Arterien verlassen die Vorderfläche der Aorta abdominalis, um den abdominalen Abschnitt des Gastrointestinaltrakts und alle Strukturen (Leber, Pankreas und Gallenblase), die im Laufe der Entwicklung aus diesem Darmabschnitt hervorgegangen sind, zu versorgen (Abb. 4.17). Sie verlaufen in den Derivaten der Mesenteria ventrale und dorsale zu ihren Zielorganen und versorgen somit auch Strukturen wie Milz und Lymphknoten, die sich innerhalb der Mesenterien entwickelt haben. Die drei Arterien sind:

- der Truncus coeliacus, der aus der Aorta abdominalis auf Höhe des Oberrandes des 1. Lumbalwirbels entspringt und den Kopfdarm mit Blut versorgt
- die Arteria mesenterica superior, die aus der Aorta abdominalis am Unterrand des 1. Lumbalwirbels abgeht und den Mitteldarm versorgt

- die Arteria mesenterica inferior, die auf Höhe der Wirbelebene L3 aus der Aorta abdominalis entspringt und den Enddarm versorgt.

240
241

Abb. 4.15



Regio inguinalis. **A**. Entwicklung. **B**. Beim Mann. **C**. Bei der Frau.

241

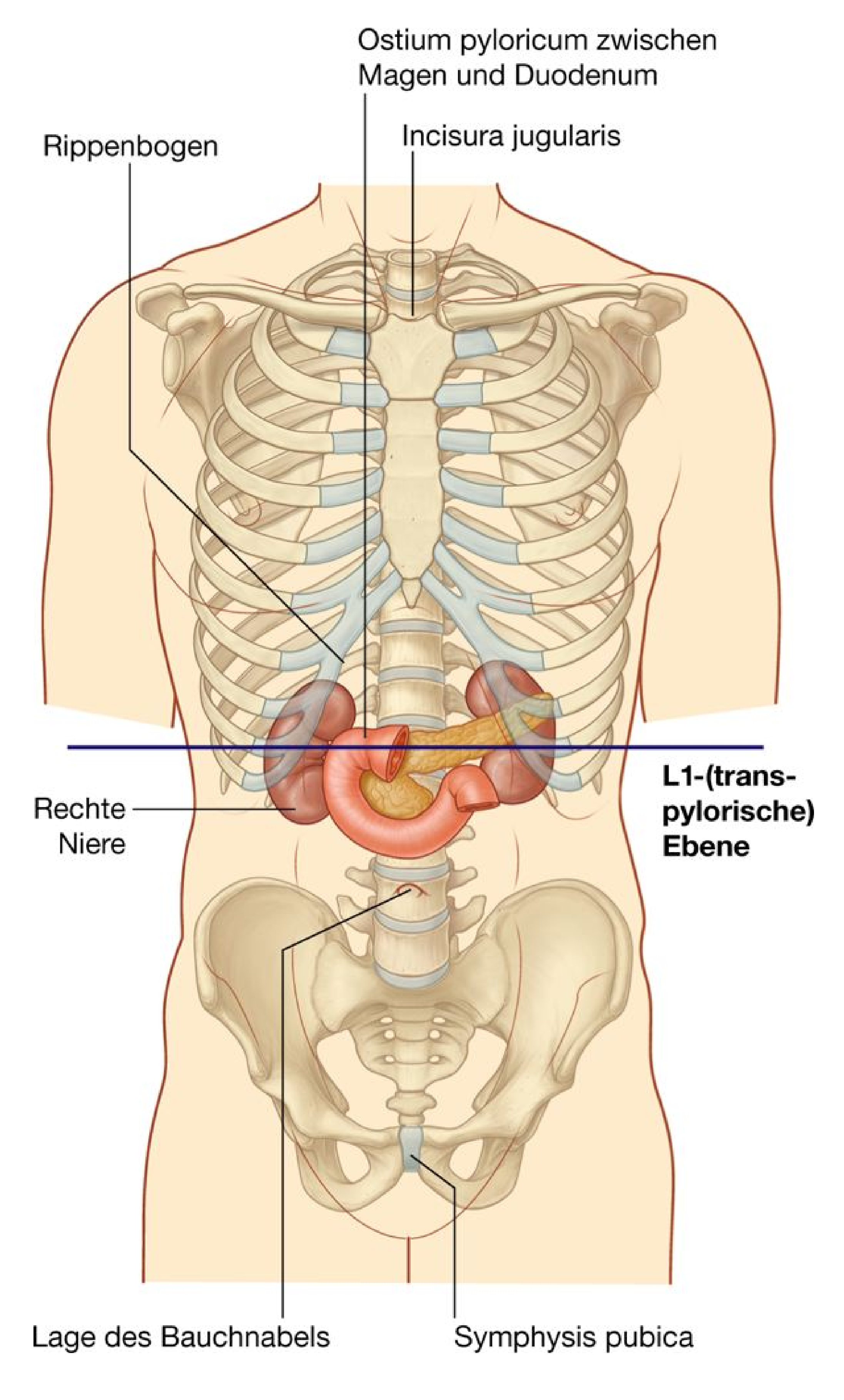
Venöse Links-rechts-Shunts

Das gesamte Blut – mit Ausnahme des Bluts aus der Lunge – das von der Körperperipherie zum Herzen gelangt (großer Kreislauf), fließt in den rechten Vorhof. Die Vena cava inferior ist die große Körpervene des Abdomens und nimmt das Blut aus dem Adomen sowie Blut aus Becken, Perineum (Damm) und den unteren Extremitäten auf (Abb. 4.18).

Die Vena cava inferior verläuft auf der rechten Seite der Wirbelsäule und tritt durch das Centrum tendineum des Zwerchfells, etwa auf Höhe der Wirbelebene Th8. Eine Reihe großer Gefäße tritt über die Mittellinie, um Blut aus der linken Körperhälfte zur Vena cava inferior zu drainieren:

- Ein großes Gefäß ist die Vena renalis sinistra, die Blut aus Niere, Nebenniere und Gonade der linken Seite drainiert.
- Eine weitere große Vene ist die Vena iliaca communis sinistra, die die Mittellinie etwa auf Höhe der Wirbelebene L5 kreuzt, um sich anschließend mit ihrem Pendant der Gegenseite zur Vena cava inferior zu vereinigen. Die Venae iliacae drainieren die unteren Extremitäten, das Becken und Teile der Bauchwand.
- Weitere die Mittellinie kreuzende Gefäße sind die Venae lumbales sinistrae, die den Rücken und die dorsale Bauchwand der linken Seite drainieren.

Abb. 4.16



Wirbelebene L1.

Der gesamte venöse Abfluss des Gastrointestinaltrakts erfolgt über die Leber

Das Blut aus dem abdominalen Abschnitt des Gastrointestinaltrakts und der Milz fließt über ein zweites Gefäßsystem zur Leber, bevor es schließlich über die Vena cava inferior zum Herz drainiert wird (Abb. 4.19).

Venöses Blut aus den unpaaren Bauchorganen (Verdauungstrakt, Pankreas, Gallenblase und Milz) wird über das Pfortadersystem **(Vena portae hepatis)** zur Leber geleitet. Die Vena portae tritt über die Facies inferior in die Leber ein. Die Vena portae verzweigt sich anschließend wie eine Arterie, um das Blut zu den kleinen, mit Endothel ausgekleideten hepatischen Sinusoiden zu führen, die in der Leber ein Gefäßnetzwerk bilden.

Nachdem das Blut durch die Lebersinusoide geflossen ist, wird es über mehrere **Venae hepaticae** in die Vena cava inferior drainiert, unmittelbar bevor diese durch das Zwerchfell tritt und in den rechten Herzvorhof einmündet.

Normalerweise stehen die Gefäß, die in das Portalgefäßsystem der Leber drainieren, über kleine Venen mit dem venösen Gefäßsystem des großen Kreislaufs in Verbindung, die ihrerseits in das Kavasystem (Vena cava superior oder inferior) drainieren.

Portokavale Anastomosen

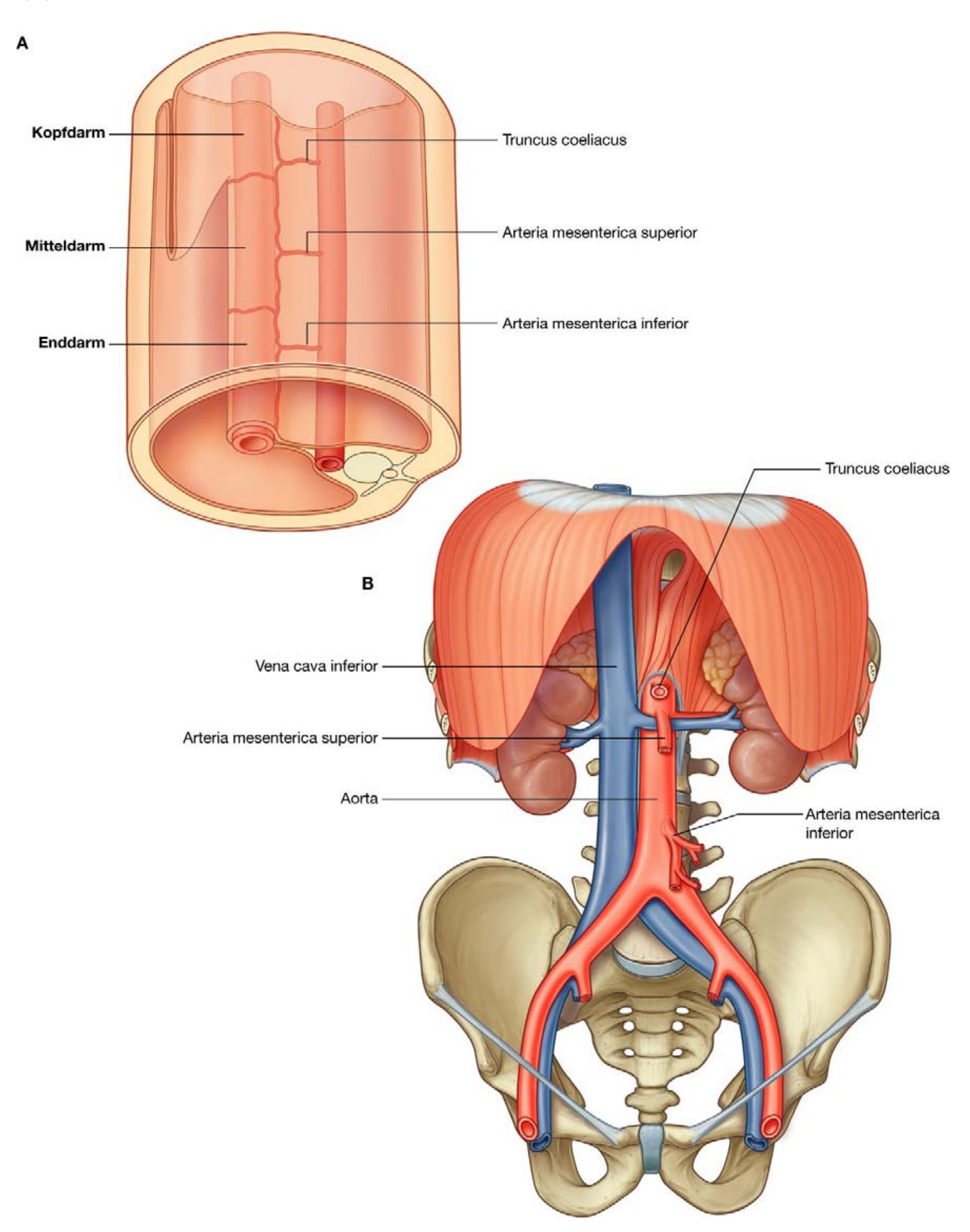
In verschiedenen Bereichen stehen portales und kavales Gefäßsystem miteinander in Verbindung. Diese Bereiche sind klinisch äußerst bedeutend. Die als portokavale Anastomosen bezeichneten Gebiete befinden sich:

- in der Umgebung des unteren Ösophagusabschnitts
- in der Umgebung des Nabels als kleine Venen (Burow-Venen), welche die obliterierte Vena umbilicalis begleiten **(Ligamentum teres hepatis)**
- in der Umgebung des kaudalen Rektumabschnitts.

Im unteren Ösophagusabschnitt umgibt der Plexus venosus oesophagei der Pars abdominalis die Speiseröhre. Der venöse Plexus steht kaudal über die Venae gastricae dextra und sinistra mit dem portalen System und kranial über die Venae azygos und hemiazygos mit dem kavalen System in Verbindung.

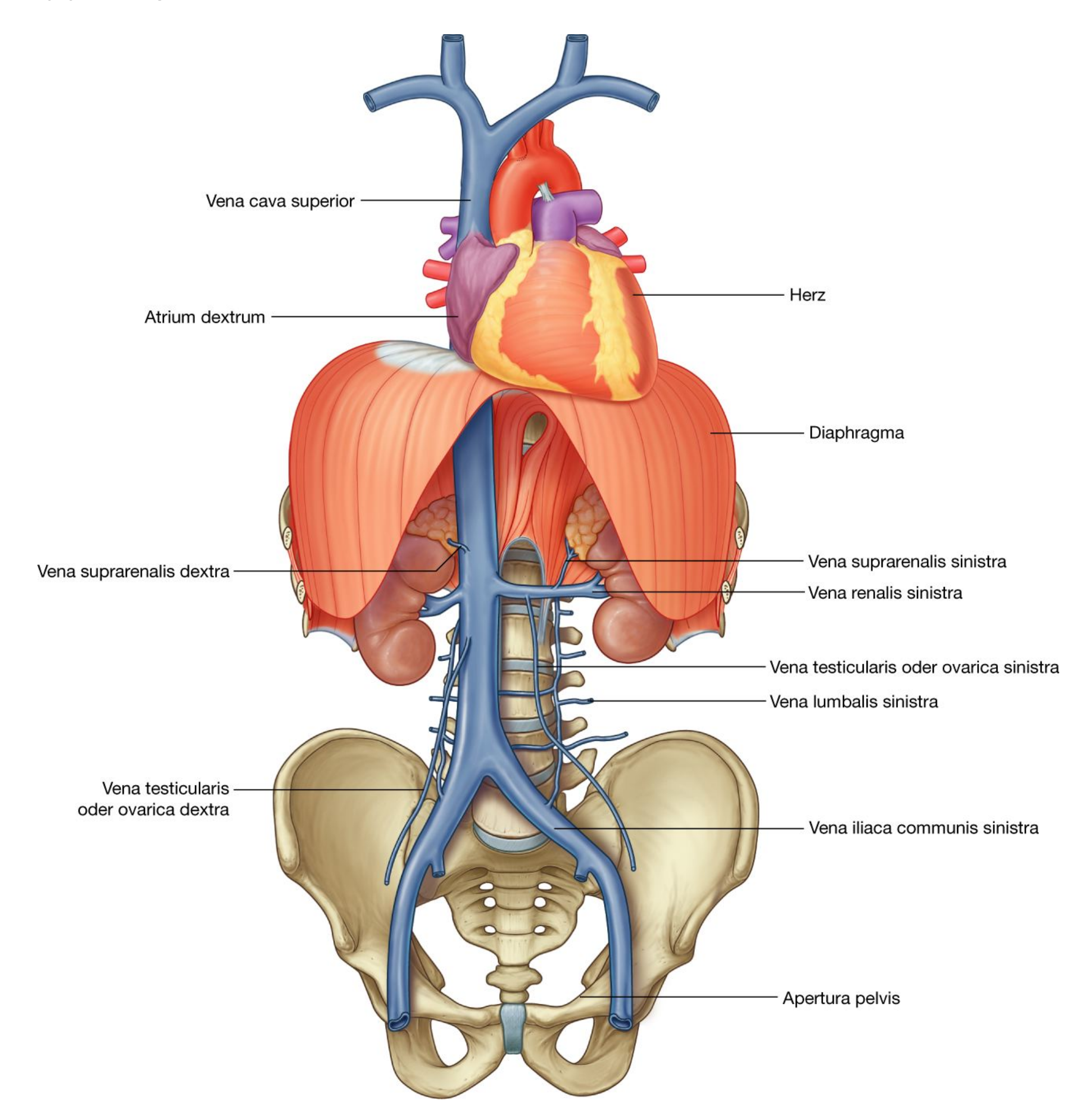
242

Abb. 4.17



Blutversorgung des Darms. **A**. Beziehung der Gefäße zu Darm und Mesenterien. **B**. Vorderansicht.

Abb. 4.18



Venöse Links-rechts-Shunts.

Das Ligamentum teres hepatis verbindet den Bauchnabel der vorderen Bauchwand mit dem linken Ast der Vena portae an der Stelle, an der er in die Leber eintritt. Die kleinen Venen, die entlang dem Band verlaufen, bilden eine Verbindung zwischen portalem System und den Venae paraumbilicales der Bauchwand, die in die oberflächlichen Venen der vorderen Bauchwand und damit letztendlich in die Venae cavae drainieren.

Der kaudale Rektumabschnitt enthält in seiner Wand den Plexus venosus rectalis des Canalis analis, der über die Vena rectalis superior mit dem portalen System und über die Venae rectales media und inferior via Iliakalvenen mit der Vena cava inferior in Verbindung steht.

Weitere Gebiete, in denen portales und kavales System miteinander verbunden sind, findet man:

- in dem Bereich, in dem die Leber in direktem Kontakt zum Zwerchfell steht (Area nuda der Leber)
- in dem Bereich, in dem die Wand des Gastrointestinaltrakts in direktem Kontakt zur hinteren Bauchwand steht (retroperitoneale Abschnitte von Dick- und Dünndarm)
- im Bereich der Hinterfläche des Pankreas (das Pankreas liegt sekundär retroperitoneal).

244
245

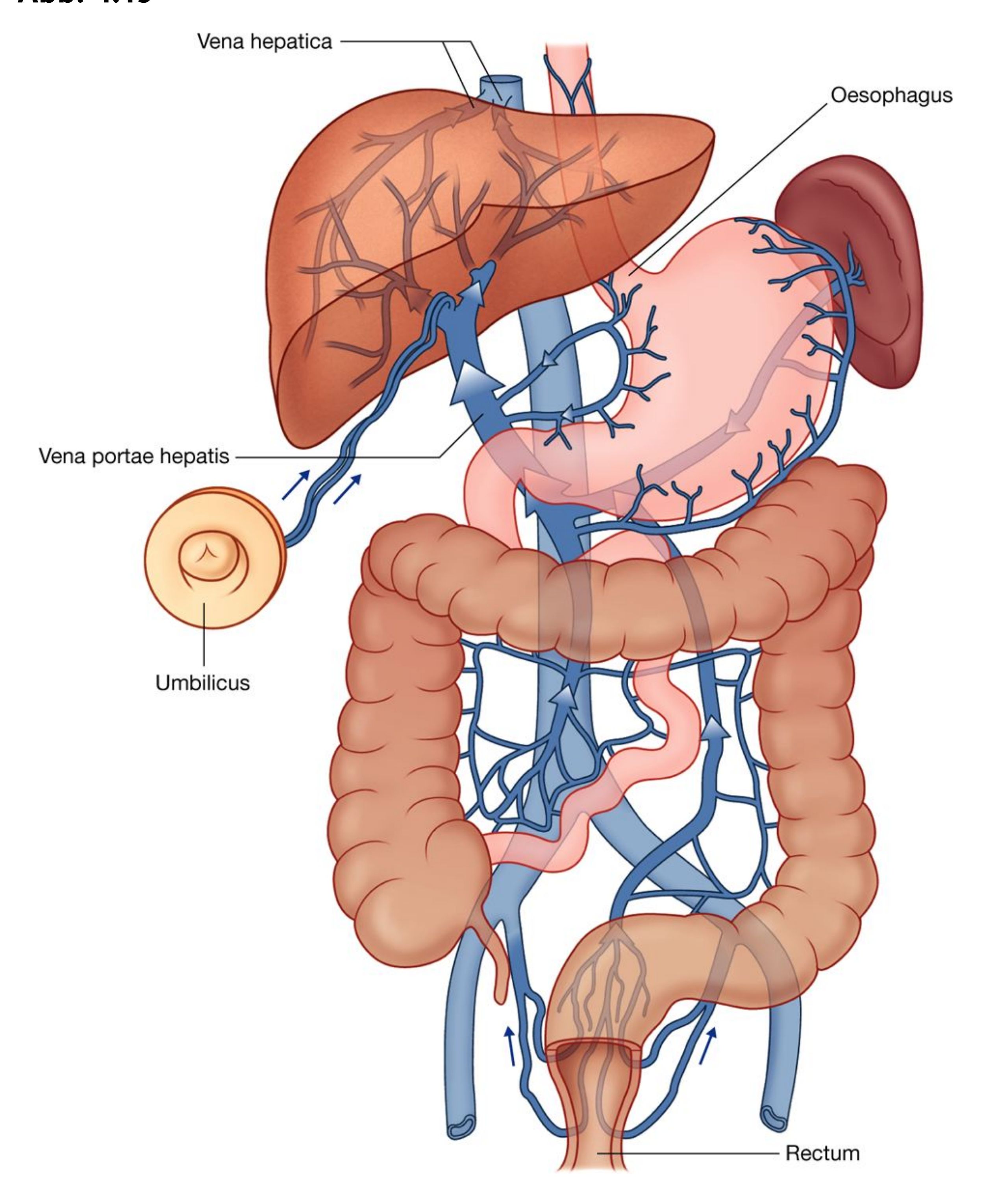
Verlegung der Vena portae hepatis oder der Blutleiter im Inneren der Leber

Durch eine Verlegung der Vena portae hepatis oder der Blutleiter innerhalb der Leber z. B. bei Pfortaderhochdruck als Folge einer fortgeschrittenen Leberzirrhose staut sich das Blut im Einzugsgebiet der Vena portae. Gefäße, die das portale und kavale System miteinander verbinden, können sich dabei beträchtlich erweitern und winden, um die Leber zu umgehen, das Blut in das kavale System zu drainieren und somit den Rückfluss zum Herzen zu ermöglichen. *Durch portale Hypertonie kann es zur Ausbildung von Ösophagusvarizen und Erweiterungen der Venen im Bereich des Plexus venosus rectalis sowie zur Erweiterung der Venae paraumbilicales mit Erweiterung der Venen im Bereich der vorderen Bauchwand kommen (Medusenhaupt, Caput medusae, sehr selten).*

Die Baucheingeweide werden über den großen Plexus prevertebralis innerviert

Die Innervation der Baucheingeweide geht von einem großen prävertebralen Plexus aus, der hauptsächlich mit der vorderen und der seitlichen Oberfläche der Aorta assoziiert ist (Abb. 4.20). Seine Äste verlaufen mit Gefäßen, die aus der Aorta abdominalis entspringen, zu den Zielorganen.

Abb. 4.19



Portalgefäßsystem der Leber.

245

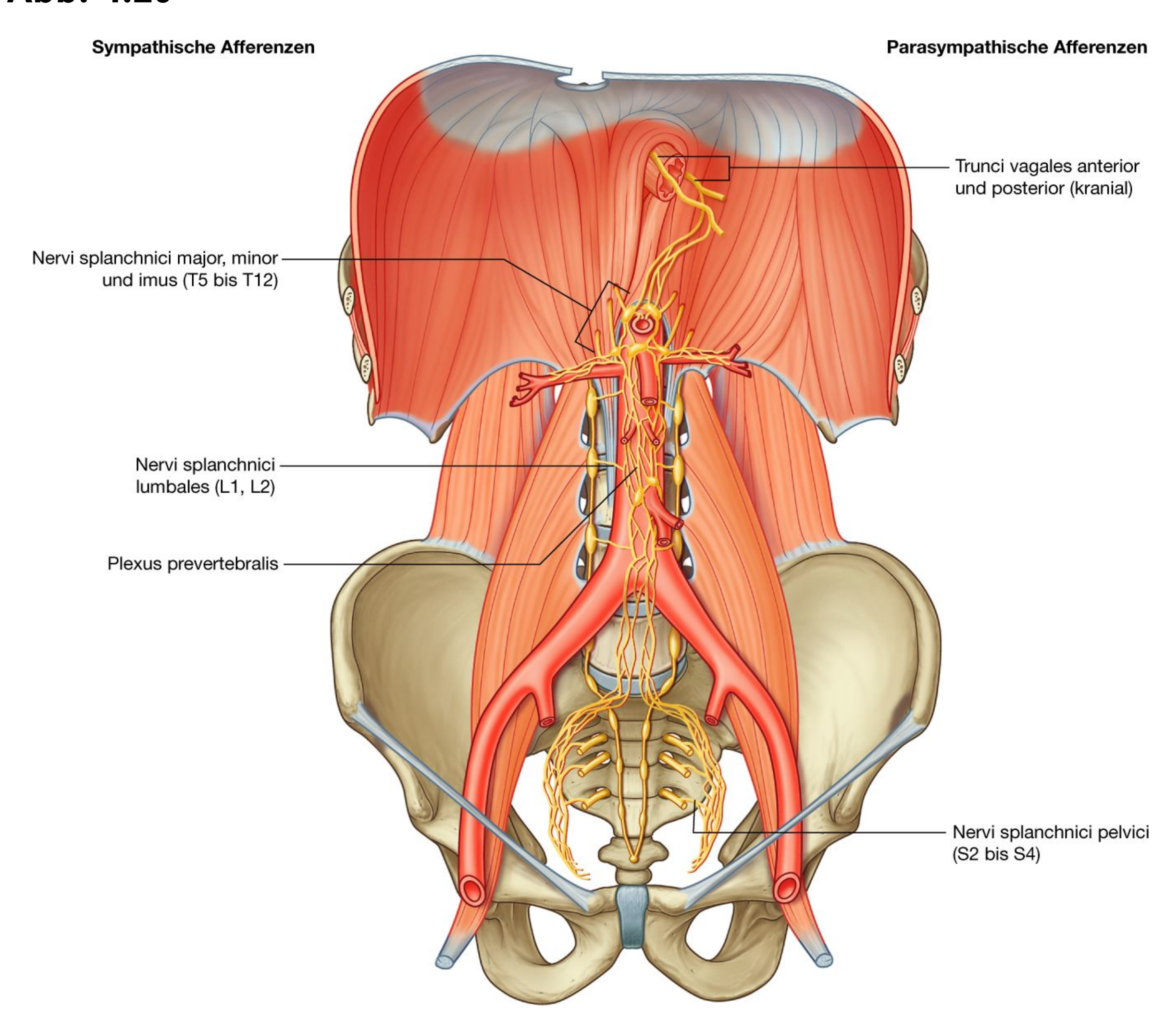
246

Der Plexus prevertebralis enthält sympathische, parasympathische und viszerosensible Anteile:

- Sympathische Anteile kommen aus den Rückenmarkssegmenten Th5 bis L2.
- Parasympathische Anteile kommen aus dem Nervus vagus [X] und aus den Rückenmarksebenen S2 bis S4.

- Viszerosensible Fasern verlaufen im Allgemeinen parallel mit den motorischen Fasern.

Abb. 4.20



Plexus prevertebralis.

246
247

Topographie

Das Abdomen ist der direkt unterhalb des Thorax gelegene Teil des Körpers (Abb. 4.21). Seine fibromuskulären Wände umgeben eine große Höhle **(Cavitas abdominalis)**, die kranial vom Zwerchfell und kaudal von der Apertura pelvis begrenzt wird.

Die Bauchhöhle kann sich nach oben bis zum 4. Interkostalraum erstrecken und geht unten in die Beckenhöhle über. Sie enthält die **Peritonealhöhle** und die Baucheingeweide.

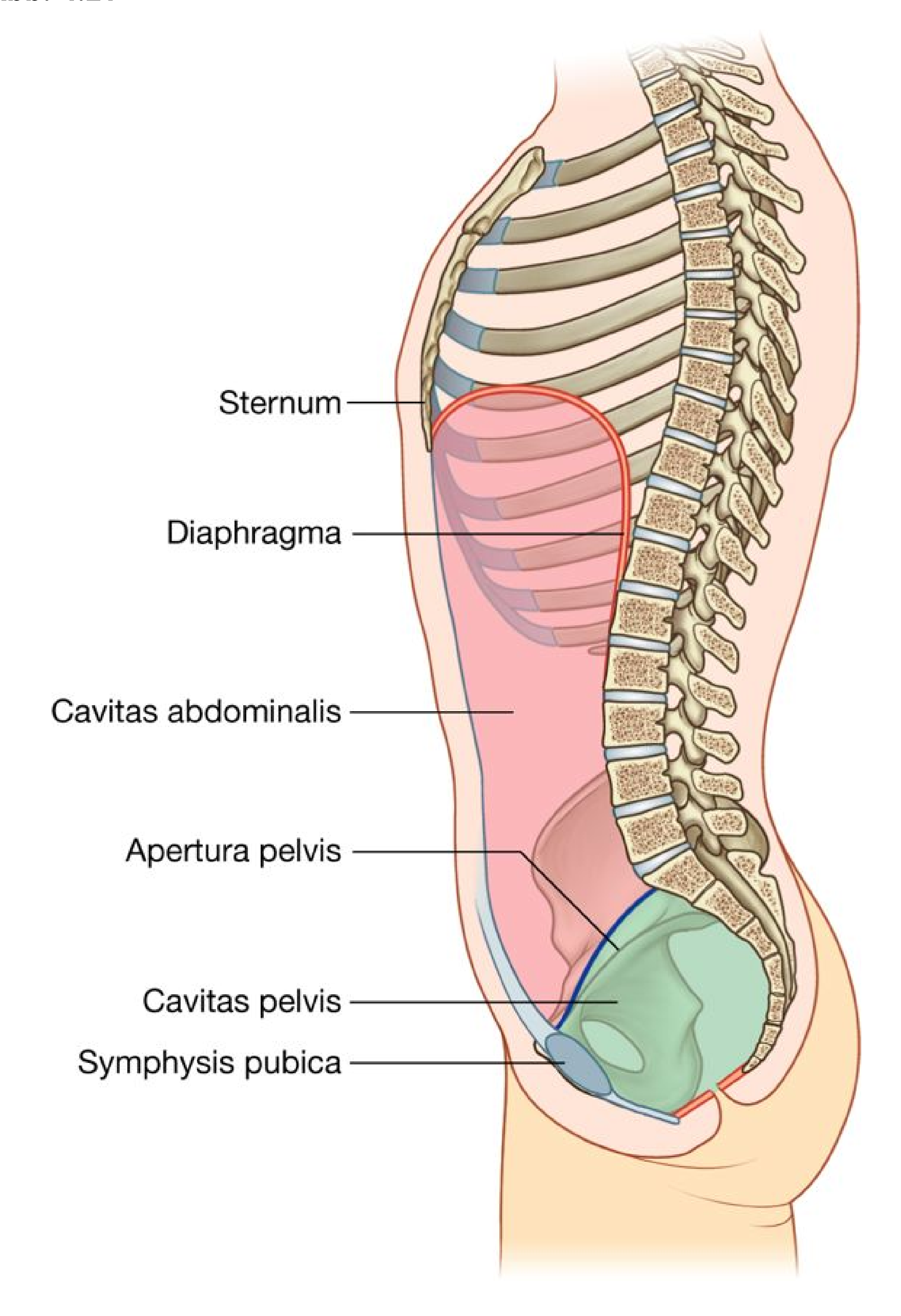
OBERFLÄCHENTOPOGRAPHIE

Man teilt das Abdomen topographisch ein, um die Lage von Bauchorganen und von ihnen ausgehende Schmerzen zu beschreiben. Die beiden gebräuchlichsten Modelle sind:

- die Einteilung in vier Quadranten

- die Einteilung in neun Regionen.

Abb. 4.21



Grenzen der Bauchhöhle.

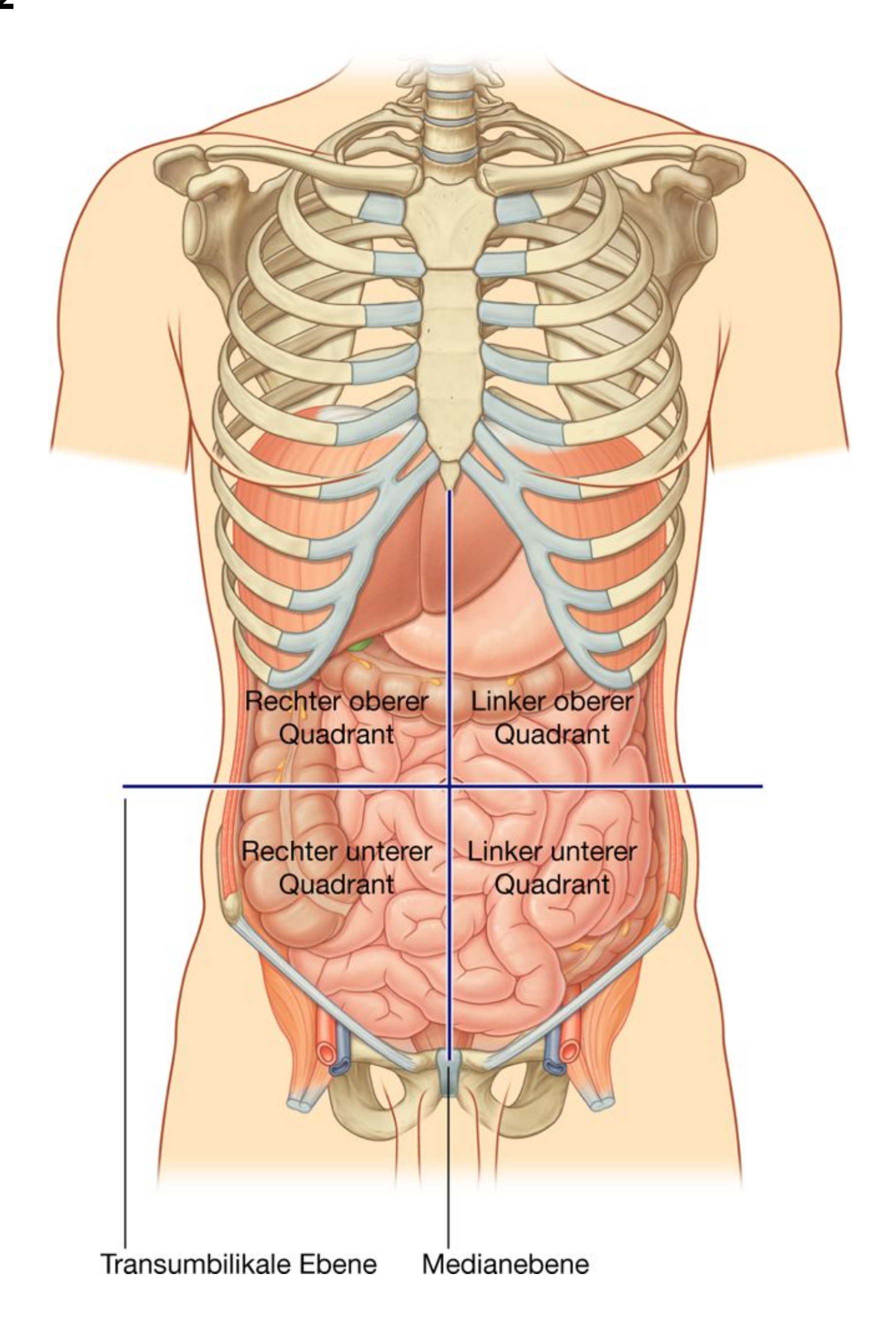
Einteilung in vier Quadranten

In dem einfachen topographischen Vier-Quadranten-Modell verläuft eine horizontale transumbilikale Ebene durch den Nabel und den Discus intervertebralis zwischen L3 und L4, die die vertikale Medianebene kreuzt und so vier Quadranten erzeugt: den rechten oberen, den linken oberen, den rechten unteren und den linken unteren Quadranten (Abb. 4.22).

Einteilung in neun Regionen

Die Einteilung in neun Regionen basiert auf zwei horizontalen und zwei vertikale Ebenen (Abb. 4.23):

Abb. 4.22



Einteilung in vier Quadranten.

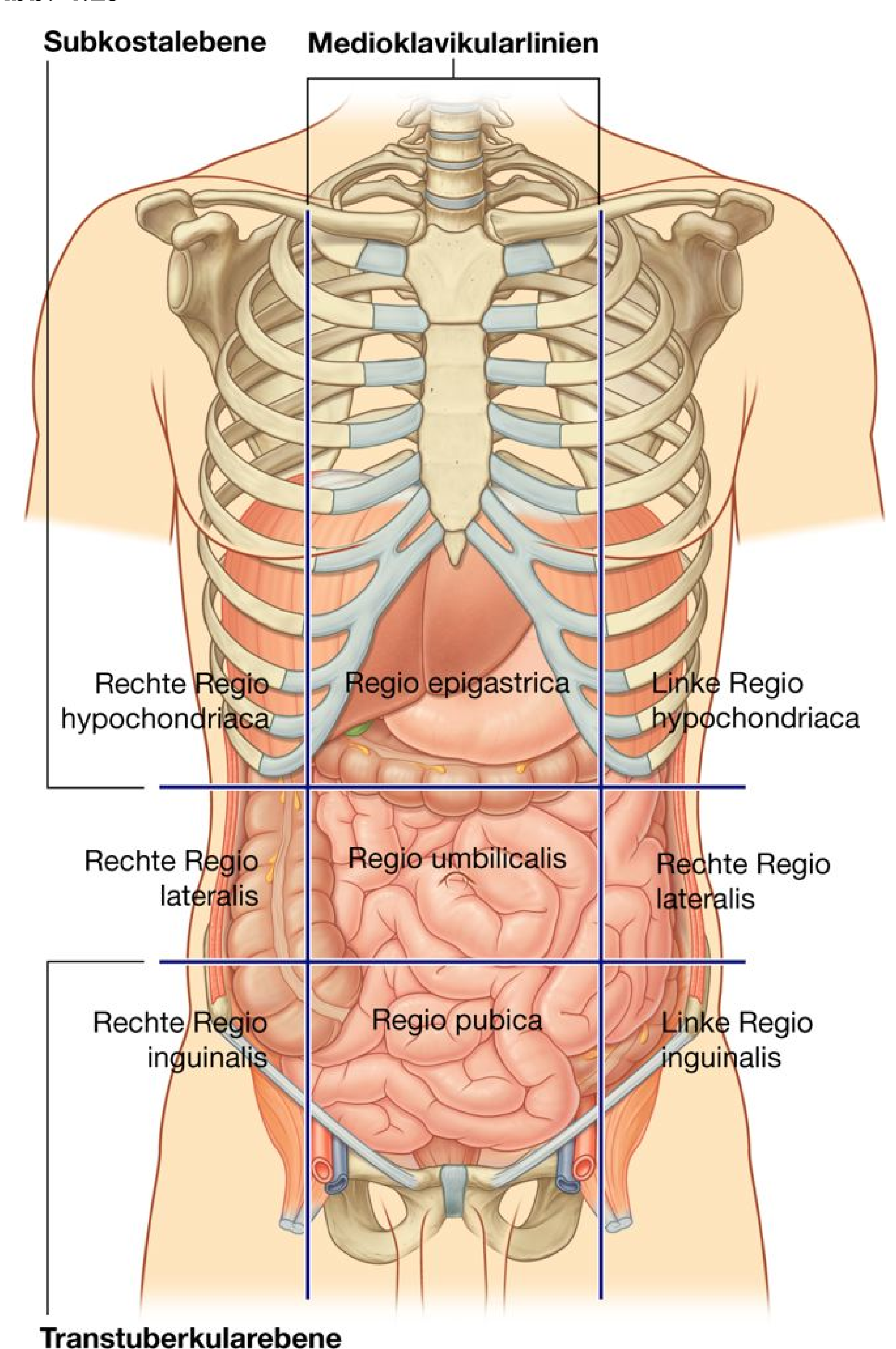
- Eine obere horizontale Ebene **(Subkostalebene)** verläuft unmittelbar unterhalb des Rippenbogens. Dadurch liegt sie am Unterrand des Rippenknorpels der 10. Rippe und verläuft dorsal durch den Wirbelkörper des 3. Lumbalwirbels. (Manchmal wird allerdings statt der Subkostalebene die **transpylorische Ebene** verwendet, die auf der Hälfte der Distanz zwischen Incisura jugularis und Symphysis pubica oder auf der Hälfte der Distanz zwischen Bauchnabel und unterem Ende des Corpus sterni liegt, dorsal durch den Unterrand des ersten Lumbalwirbels verläuft und den Rippenbogen am Ende des 9. Rippenknorpels schneidet.)

247
248

- Eine untere horizontale Ebene **(Intertuberkularebene)** verbindet die Tubercula iliaca der Cristae iliacae, die beid-seits 5 cm hinter der Spina iliaca anterior superior tastbar sind; ferner verläuft sie durch den oberen Teil des 5. Lumbalwirbelkörpers.

- Die beiden vertikalen Ebenen ziehen jeweils durch den Mittelpunkt der Clavicula nach kaudal zu einem Punkt, der auf der Hälfte der Strecke zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphysis pubica liegt.

Abb. 4.23



Einteilung in neun Regionen.

Die vier Ebenen führen zur Unterteilung in neun Regionen auf der vorderen Bauchwand.

Folgende Bezeichnungen werden für die einzelnen topographischen Regionen verwendet: oben rechts und oben links jeweils die Regio hypochondriaca; oben in der Mitte die Regio epigastrica; in der Mitte rechts und links jeweils die Regio lateralis; zentral die Regio umbilicalis; unten rechts und links jeweils die Regio inguinalis; unten in der Mitte die Regio pubica (Abb. 4.23).

Klinik

Operationsschnitte

Der operative Zugang zum Abdomen und zu dessen Inhalt erfolgt gewöhnlich über die vordere Bauchwand. Üblicherweise werden die Schnitte im Bereich der geplanten chirurgischen Intervention und in deren Umgebung durchgeführt. Meist sind die Schnitte recht groß, um einen guten Zugang und die optimale Darstellung der Bauchhöhle und deren Inhalts zu ermöglichen. Durch die Weiterentwicklung von Anästhetika und durch den allgemeinen Einsatz von Muskelrelaxanzien konnte die Größe von Bauchschnitten reduziert werden.

Gegenwärtig ist der gebräuchlichste der großen Bauchschnitte der zentrale kraniokaudale Schnitt vom Processus xiphoideus bis zur Symphysis pubica, der einen großflächigen Zugang zum gesamten Bauchhöhleninhalt schafft und die Durchführung eines Explorationsverfahrens ermöglicht (Laparotomie).

Andere Methoden bedienen sich viel kleinerer Schnitte. Seit es kleine Optiken und Kameras gibt, ist die minimalinvasive Chirurgie stetig weiterentwickelt worden. Dank der neuen Geräte und Techniken ist es möglich, winzige Schnitte in die Bauchwand zu machen und über diese Optiken und Geräte einzuführen. Die Peritonealhöhle wird mit Kohlendioxid „aufgeblasen“, um den Raum, in dem der Eingriff erfolgen soll, zu vergrößern. Weitere Instrumente können über kleine Schnitte eingeführt werden, mit deren Hilfe Eingriffe, wie eine Cholezystektomie (Entfernung der Gallenblase) oder eine Appendektomie (Entfernung der Appendix vermiformis), durchgeführt werden können. Ein weiterer Vorteil dieser Technik ist, dass der Patient früher entlassen werden kann als nach Durchführung großer Bauchschnitte.

248
249

BAUCHWAND

Die Bauchwand bedeckt ein großes Gebiet. Sie wird kranial vom Processus xiphoideus und von den Rippenbögen, dorsal von der Wirbelsäule und kaudal vom oberen Abschnitt der Beckenknochen begrenzt. Ihre Schichten bestehen aus Haut, subkutanem Bindgewebe, oberflächlichen Faszien, Muskulatur und deren Faszien, extraperitonealer Faszie sowie dem Peritoneum parietale (Abb. 4.24).

Oberflächliche Faszie

Das subkutane Bindegewebe des Abdomens ist besonders im kaudalen Abschnitt eine Schicht aus fettgewebsreichem Bindegewebe. Die Faszie besteht normalerweise aus einer einzelnen Schicht, die vergleichbar der Oberflächenfaszie anderer Regionen des Körpers aufgebaut ist, in die sie auch übergeht. Im kaudalen Abschnitt der vorderen Bauchwand unterhalb des Bauchnabels bildet sie allerdings zwei Schichten: eine oberflächlichere fettreiche Schicht und eine tiefere membranöse Schicht. Gemeinsam bilden die beiden Faszien den Panniculus adiposus abdominis.

Oberflächliche Schicht

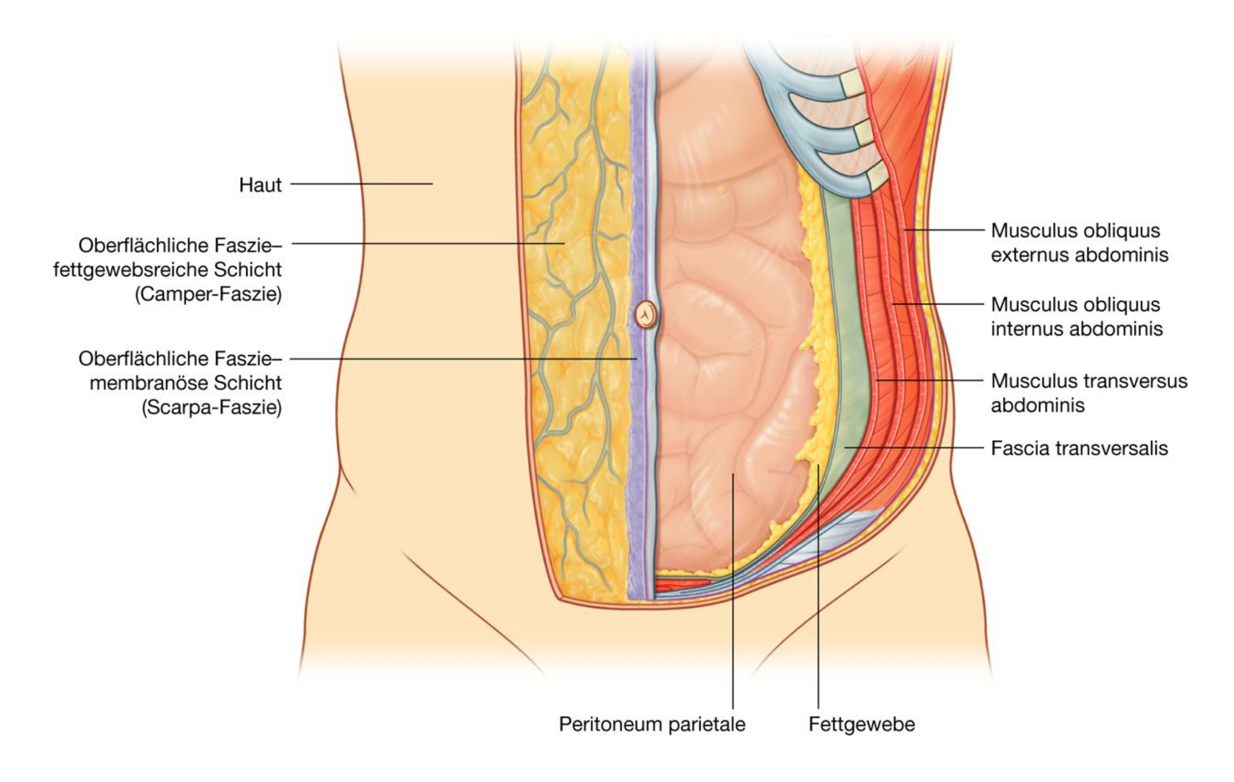
Die oberflächliche Schicht der oberflächlichen Faszie **(Camper-Faszie)** enthält Fettgewebe und ist von unterschiedlicher Dicke (Abb. 4.25 und 4.26). Sie ist über das Ligamentum inguinale mit der oberflächlichen Faszie des Oberschenkels und mit einer vergleichbaren Schicht am Perineum verbunden.

Beim Mann setzt sich die Faszie auf die oberflächliche Schicht des Penis fort und verläuft ohne Fettgewebe und nach Verschmelzen mit der tieferen membranösen Schicht in das Skrotum. Im Skrotum entsteht dabei eine spezialisierte Faszienschicht, die glatte Muskelzellen enthält (**Tunica dartos**, Fleischhaut). Bei der Frau behält die oberflächliche Schicht ihr Fettgewebe und wird Teil der großen Schamlippen.

Tiefe Schicht

Die tiefere membranöse Schicht der oberflächlichen Faszie **(Scarpa-Faszie)** ist dünn und faserreich und enthält nur wenig oder gar kein Fett (Abb. 4.25). Kaudal setzt sie sich auf den Oberschenkel fort. Hier verschmilzt sie unterhalb des Ligamentum inguinale mit der Oberschenkelfaszie (**Fascia lata**; Abb. 4.26). In der Mittellinie ist die Scarpa-Faszie fest an der Linea alba und der Symphysis pubica verankert. Sie verläuft weiter zum vorderen Anteil des Perineums, an dem sie an den Rami inferiores ossis pubis und am Hinterrand des Diaphragma urogenitale befestigt ist. Hier wird die Fazie zur **Fascia diaphragmatis urogenitalis superficialis** (ein Teil der **Colles-Faszie**).

Abb. 4.24

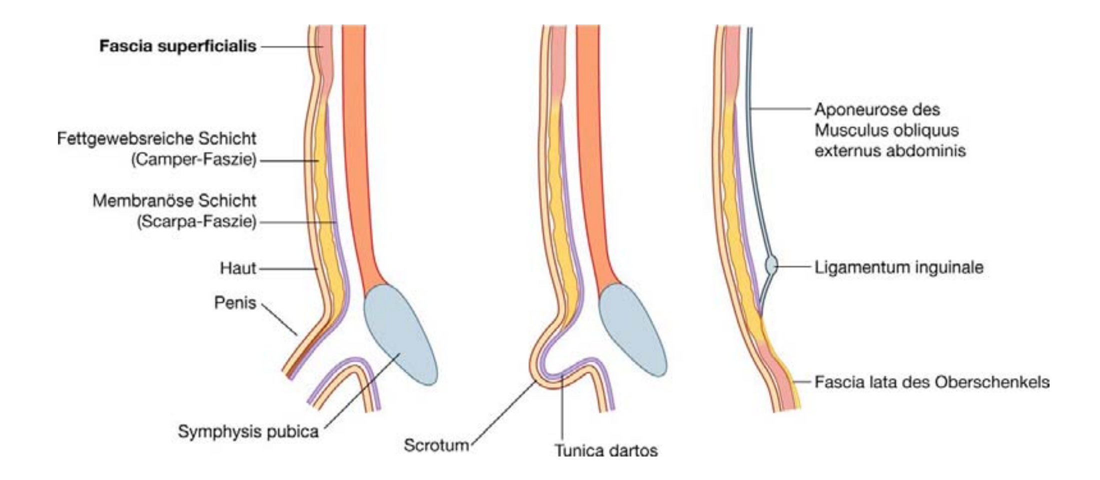


Schichten der Bauchwand.

Beim Mann verschmelzen Scarpa-Faszie und Camper-Faszie an der Stelle, an der beide auf den Penis übergehen, werden dort zur Fascia penis superficialis (auch als Colles-Faszie bezeichnet). Die oberflächliche Penisfaszie setzt sich in das Skrotum fort und bildet dort die Tunica dartos (Abb. 4.25). Ausläufer der tieferen membranösen Schicht der oberflächlichen Faszie (Scarpa-Faszie), die an der Symphysis pubica befestigt sind, ziehen kaudalwärts zum Dorsum penis und zu dessen Seiten. Sie bilden das **Ligamentum fundiforme penis**. Bei der Frau setzt sich die oberflächliche Faszie in die Labia majora und in den vorderen Abschnitt des Perineums fort.

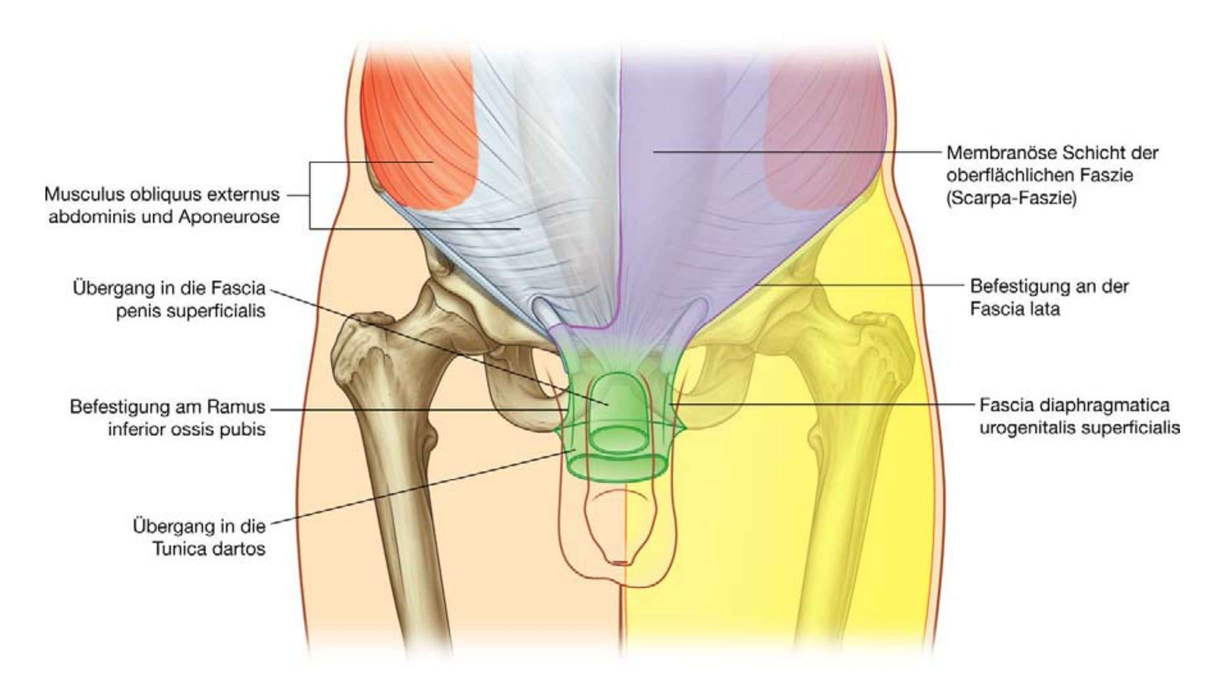
249
250

Abb. 4.25



Oberflächliche Faszie.

Abb. 4.26



Fortsetzung der membranösen Schicht der oberflächlichen Faszie (Scarpa-Faszie) in andere Bereiche.

Schräge und gerade Bauchmuskeln der vorderen Rumpfwand

Man unterscheidet fünf Muskeln der Bauchwand:

- drei flache schräge Bauchmuskeln, deren Fasern hinten seitlich entspringen, nach vorn ziehen und in Richtung Mittellinie in eine Aponeurose übergehen: die Musculi obliquus externus abdominis, obliquus internus abdominis und transversus abdominis 250 251
- zwei vertikale Muskeln nahe der Mittellinie, die in einer durch die Aponeurosen der schrägen Bauchmuskeln gebildeten Hülle liegen.

Jeder der fünf Muskeln besitzt eine spezifische Wirkung. In ihrer Gesamtheit sind die Muskeln darüber hinaus entscheidend am Erhalt zahlreicher wichtiger physiologischer Funktionen beteiligt. Durch ihre Anordnung bilden sie eine feste, aber flexible Wand, die die Baucheingeweide in der Bauchhöhle hält, vor Verletzungen schützt und bei aufrechter Haltung die Position der Eingeweide entgegen der Schwerkraft aufrecht erhält.

Zudem unterstützen die Muskeln die ruhige und die forcierte Ausatmung, indem die Eingeweide nach oben gedrückt werden (wodurch das entspannte Zwerchfell noch weiter in die Thoraxhöhle gedrückt wird). Ferner werden sie beim Husten und Erbrechen eingesetzt.

Alle fünf Muskeln sind an der Erhöhung des intraabdominellen Drucks beteiligt, der im Rahmen der Geburt, bei der Miktion und der Defäkation aufgebaut wird.

Flache schräge Bauchmuskeln

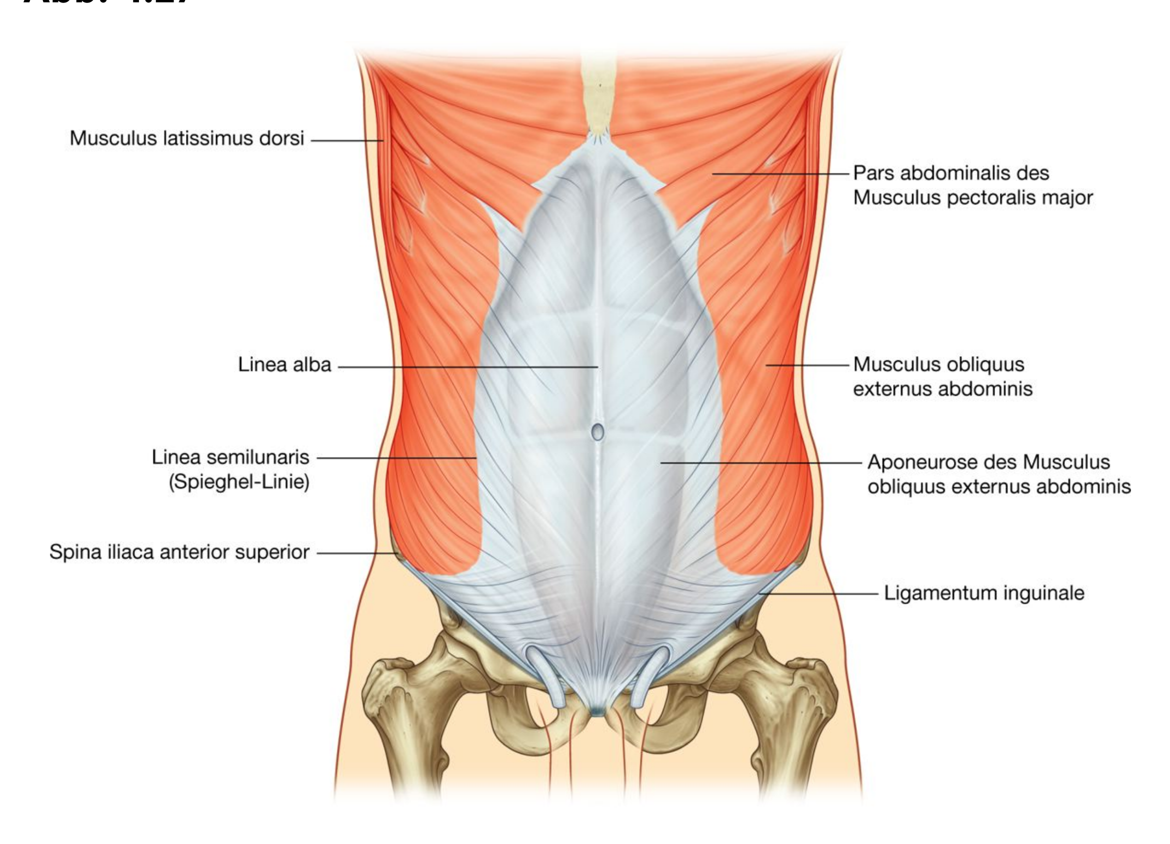
Musculus obliquus externus abdominis

Der oberflächlichste der drei schrägen Bauchmuskeln ist der **Musculus obliquus externus abdominis**, der unmittelbar unter der oberflächlichen Bauchwandfaszie liegt (Abb. 4.27). Seine lateralen Muskelfasern ziehen in kaudomedialer Richtung und gehen in eine große Aponeurose (Sehnenplatte) über, die den vorderen Teil der Bauchwand in der Mittellinie bedeckt. Der Übergangsbereich zwischen Muskulatur und Aponeurose ist als Linea semilunaris (Spieghel-Linie) sichtbar. Im Bereich der Mittellinie verschmelzen die Aponeurosen beider Seiten miteinander und bilden die Linea alba, die vom Processus xiphoideus bis zur Symphysis pubica verläuft.

Assoziierte Bänder

Der Unterrand der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis bildet auf jeder Seite das **Ligamentum inguinale** (Abb. 4.27). Dieser verdickte und verstärkte freie Rand der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis verläuft zwischen Spina iliaca anterior superior und Tuberculum pubicum nach medial (Abb. 4.28). Die Abfaltung des Ligamentum inguinale erfolgt so, dass das Band den Boden des Leistenkanals bildet.

Abb. 4.27



Musculus obliquus externus abdominis und seine Aponeurose.

251

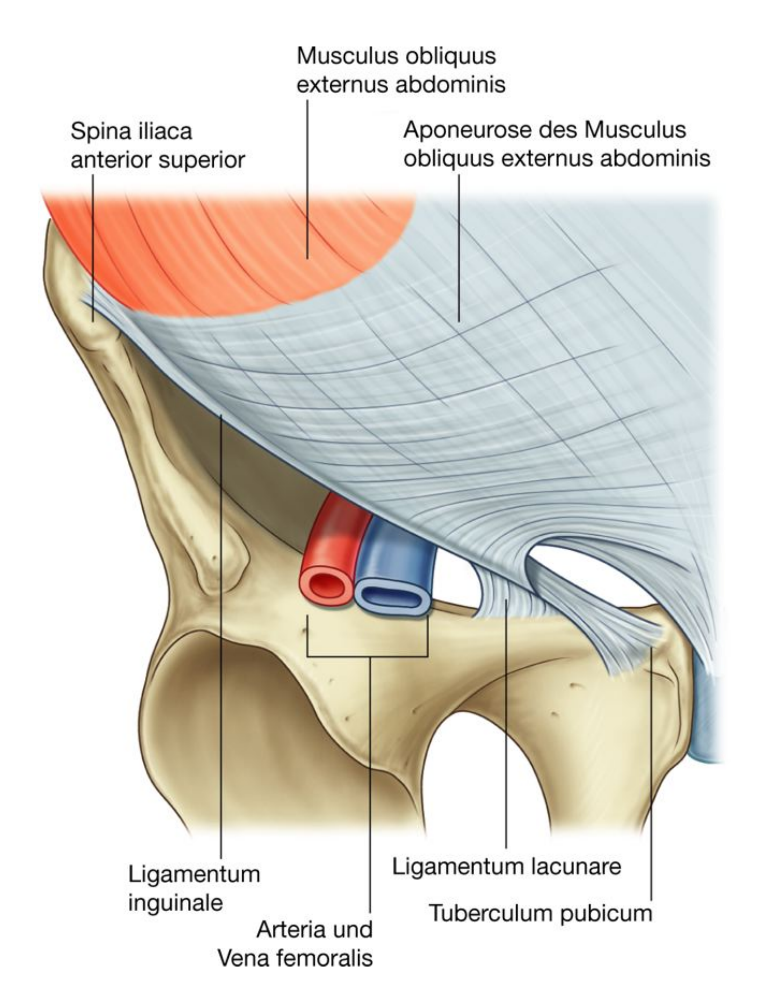
Im medialen Bereich des Ligamentum inguinale entstehen durch Bindegewebsausläufer zahlreiche weitere kleine Bände:

- Das **Ligamentum lacunare** ist eine sichelförmige Verlängerung von Fasern am medialen Ende des Ligamentum inguinale. Es zieht nach dorsal, um am **Pecten ossis pubis** des Ramus superior ossis pubis anzusetzen (Abb. 4.28 und 4.29).
- Weitere Fasern gehen im Bereich des Pecten ossis pubis am Beckeneingang vom Ligamentum lacunare aus und bilden das **Ligamentum pectineum (Cooper-Band)**.

Musculus obliquus internus abdominis

Der Musculus obliquus externus abdominis liegt dem **Musculus obliquus internus abdominis** auf, dem mittleren der drei schrägen Bauchmuskeln (Abb. 4.30). Der Muskel ist schmaler und dünner als der Musculus obliquus externus abdominis. Der Großteil seiner Fasern verläuft kraniomedial. Seine lateralen muskulären Anteile gehen vorn in eine Aponeurose über, die in der Mittellinie mit der Linea alba und der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis verschmilzt.

Abb. 4.28



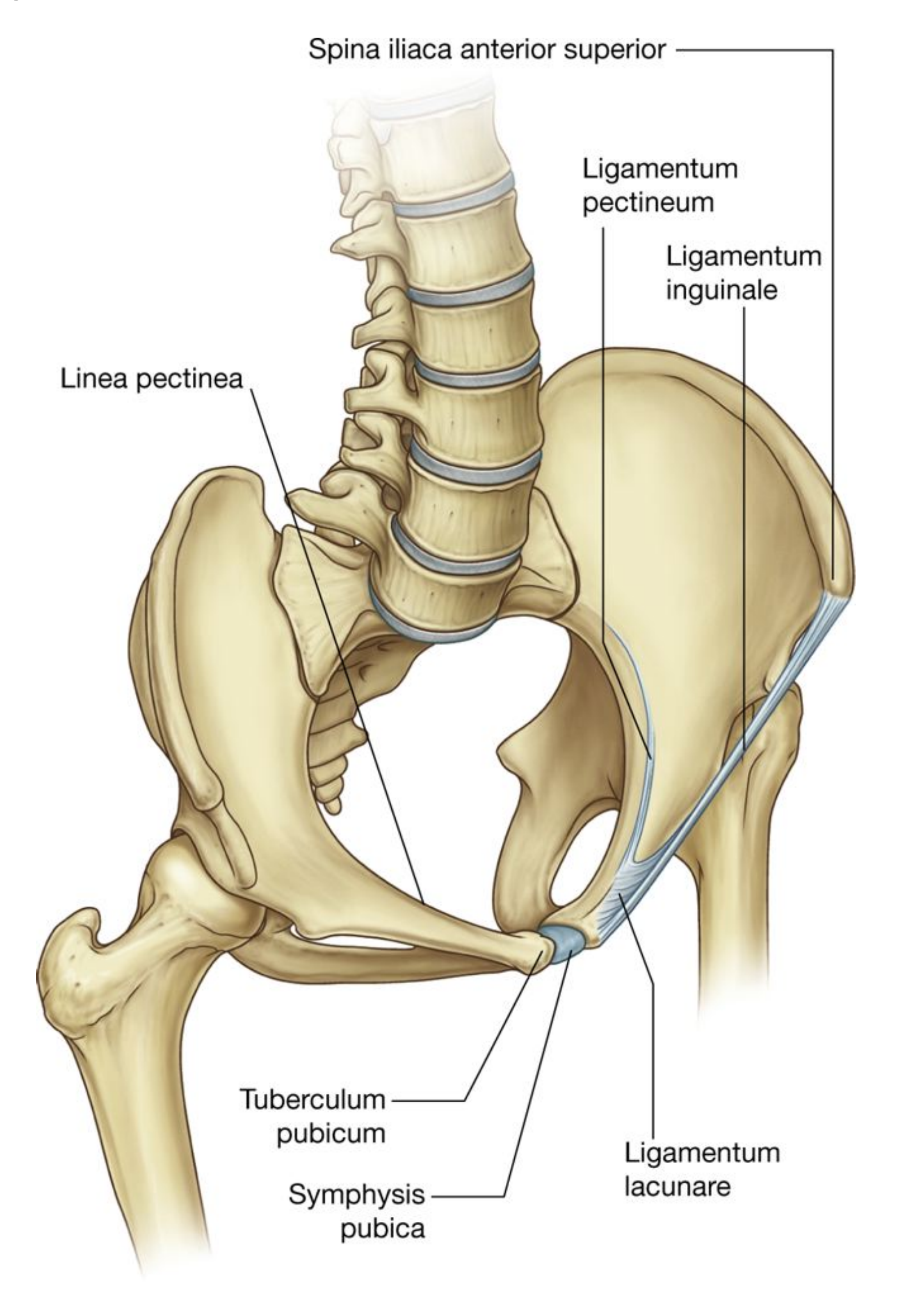
Bänder, die durch die Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis gebildet werden.

Musculus transversus abdominis

Der Musculus obliquus internus abdominis liegt auf dem **Musculus transversus abdominis** (Abb. 4.31). Der Name des Muskels basiert auf der transversalen Ausrichtung der meisten seiner Fasern. Der Musculus transversus abdominis geht ventral ebenfalls in eine Aponeurose über, die in der Mittellinie mit den Aponeurosen der anderen beiden schrägen Bauchmuskeln (Musculi obliqui externus und internus abdominis) und der Linea alba verschmilzt.

Fascia transversalis

Abb. 4.29



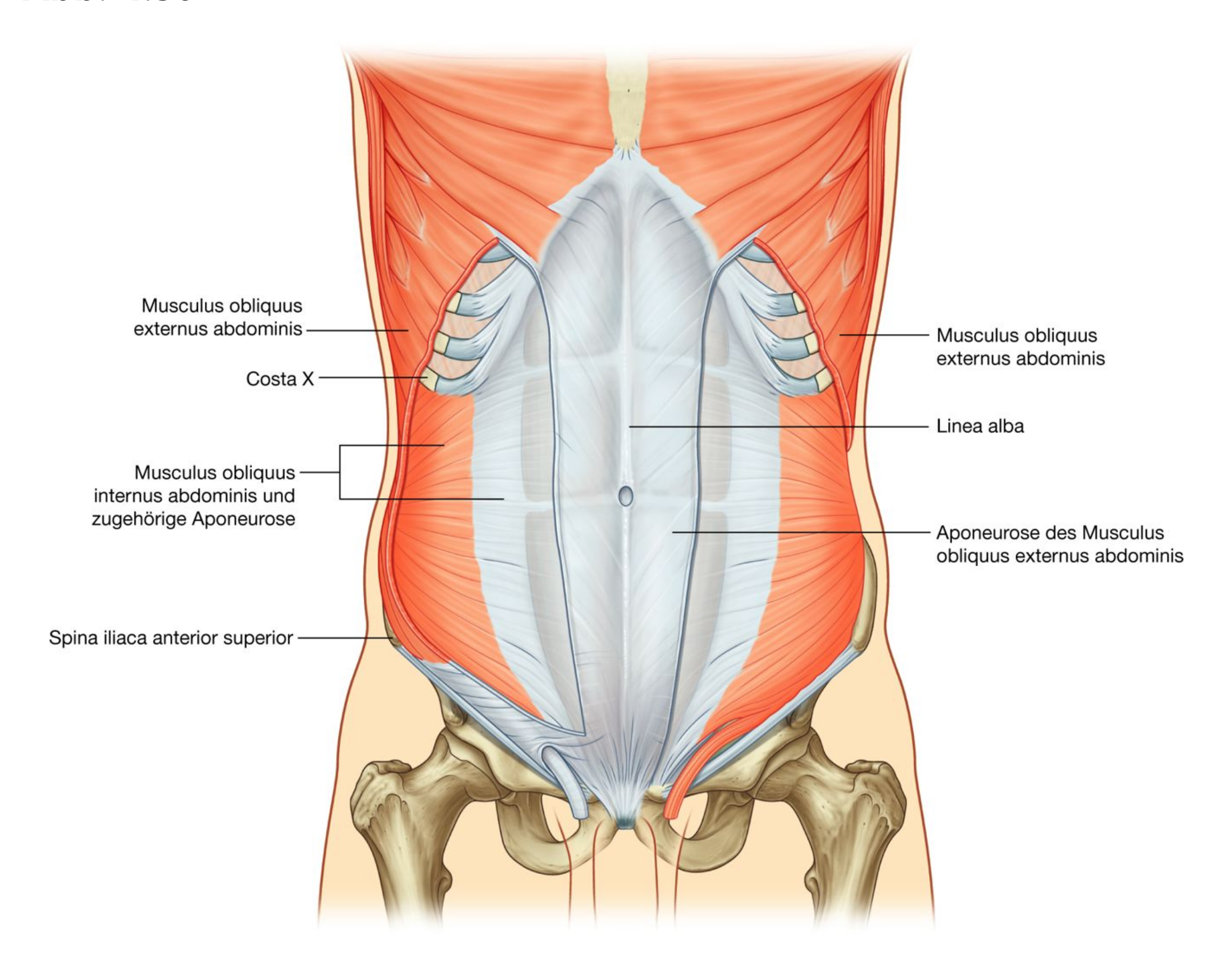
Bänder der Regio inguinalis.

Jeder der drei schrägen Bauchmuskeln wird auf seiner vorderen und hinteren Oberfläche durch eine Schicht umhüllender Bauchfaszie bedeckt. Mit Ausnahme der Faszienschicht **(Fascia transversalis)** des Musculus transversus abdominis, die den Muskel an seiner Innenseite bedeckt, sind die Schichten nicht sonderlich stark ausgeprägt.

252

253

Abb. 4.30



Musculus obliquus internus abdominis und seine Aponeurose.

Die Fascia transversalis ist eine zusammenhängende Faszienschicht, die die Bauchhöhle auskleidet und sich in die Beckenhöhle fortsetzt. Sie tritt vorn über die Mittellinie, verbindet sich mit der Fascia transversalis der Gegenseite und geht kontinuierlich in die Zwerchfellfaszie an der Unterfläche des Zwerchfells über. Sie hat im dorsalen Bereich Kontakt zur tiefen Bauchwandfaszie, die die Muskeln der hinteren Bauchwand bedeckt; außerdem ist sie an der Fascia thoracolumbalis befestigt.

Sie ist ferner an der Crista iliaca befestigt und mit einer Faszie verschmolzen, die Muskeln bedeckt, die mit den oberen Bereichen der Beckenknochen verbunden sind. Zudem verschmilzt sie mit einer ähnlichen Faszie, die die Muskeln der Beckenhöhle bedeckt. An dieser Stelle wird sie als **Fascia pelvis parietalis (Fascia endopelvina)** bezeichnet.

Es besteht also eine zusammenhängende Faszienschicht, die die Bauchhöhle umgibt, in einigen Bereichen kräftiger, in anderen schächer befestigt oder unbefestigt ist und an der Bildung bestimmter Strukturen beteiligt ist.

Gerade Bauchmuskeln

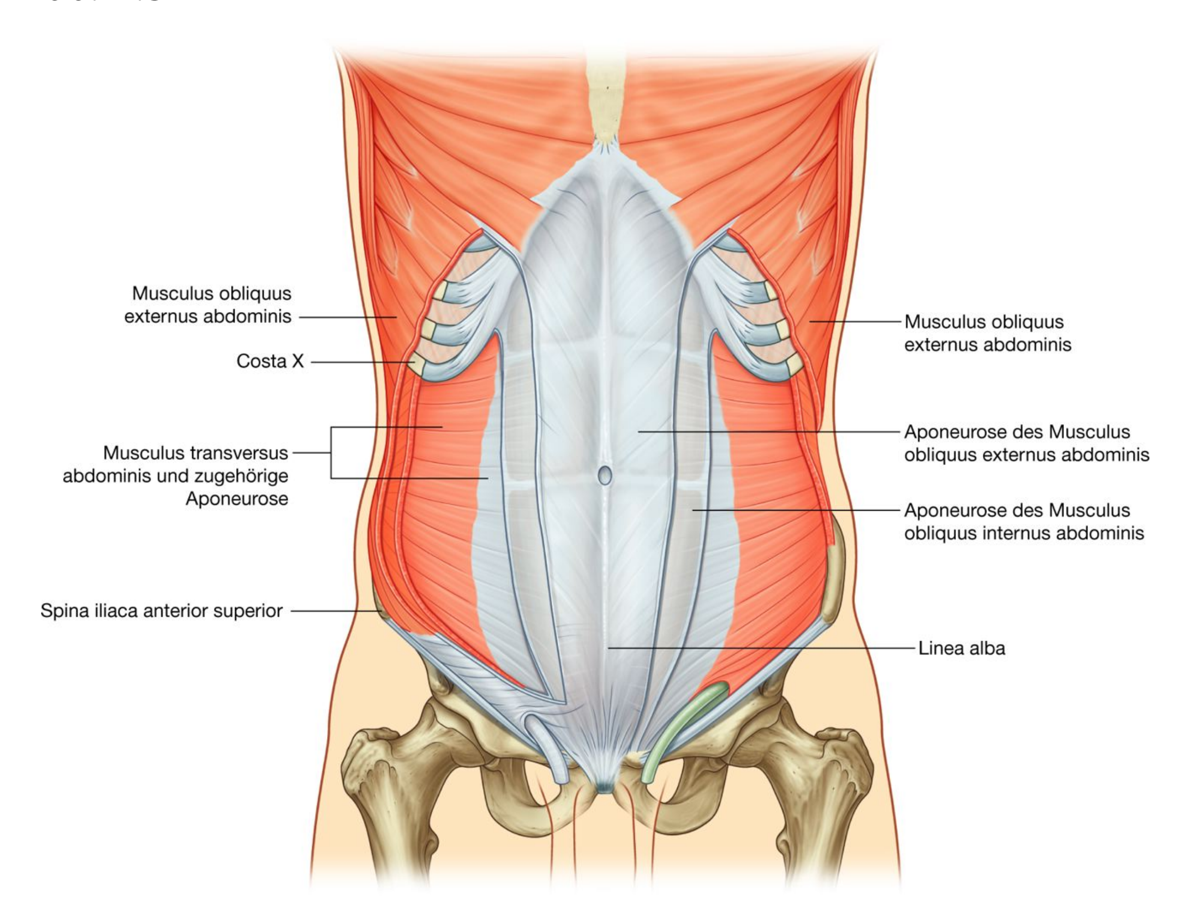
Die beiden geraden Bauchmuskeln (Tab. 4.1) sind der Musculus rectus abdominis und der kleine Musculus pyramidalis (Abb. 4.32).

Musculus rectus abdominis

Der **Musculus rectus abdominis** ist ein langer, flacher Muskel, der sich über die gesamte Länge der vorderen Bauchwand erstreckt. Es handelt sich um einen paarigen Muskel. Die Grenze zwischen beiden Muskeln wird in der Mittellinie durch die Linea alba gebildet. Der Muskel weist in seinem Verlauf von der Symphysis pubica zum Rippenbogen dickere und dünnere Abschnitte auf. Er ist durch drei bis vier quer verlaufende Sehnenstreifen, **Intersectiones intertendineae** (Abb. 4.32), in Abschnitte unterteilt. Die Sehnenstreifen sind bei Bauchmuskeltrainierten gut erkennbar (Sixpack).

253
254

Abb. 4.31



Musculus transversus abdominis und seine Aponeurose.

Musculus pyramidalis

Der zweite gerade Bauchmuskel ist der **Musculus pyramidalis**. Dieser kleine dreieckige und rudimentäre Muskel fehlt oftmals. Er befindet sich – so vorhanden – im kaudalen Abschnitt vor dem Musculus rectus abdominis. Seine Basis liegt am Os pubis, seine Spitze ist oben medial an der Linea alba befestigt (Abb. 4.32).

Rektusscheide

Musculus rectus abdominis und Musculus pyramidalis sind in eine aponeurotische Bindegewebshülle eingelagert **(Rektusscheide)**, die von den drei Aponeurosen der schrägen Bauchmuskeln, Musculi obliquus externus abdominis, obliquus internus abdominis und transversus abdominis, gebildet wird (Abb. 4.33).

Die Rektusscheide umschließt die oberen drei Viertel des Musculus rectus abdominis vollständig und bedeckt die Vorderfläche des unteren Viertels des Muskels. Die Hinterseite des Musculus rectus abdominis ist im kaudalen Abschnitt nur durch die Fascia transversalis und das Peritoneum parietale von den Baucheingeweiden getrennt.

Im kranialen Abschnitt (obere drei Viertel der Rektusscheide bis auf Höhe der Linea arcuata – oder wenn keine Linie erkennbar ist – der Zona arcuata) ist die Rektusscheide folgendermaßen aufgebaut:

- Das vordere Blatt besteht aus der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis und dem vorderen Anteil der Aponeurose des Musculus obliquus internus abdominis.
- Das hintere Blatt besteht aus dem hinteren Anteil der Aponeurose des Musculus obliquus internus abdominis und aus der Aponeurose des Musculus transversus abdominis.

Unterhalb des Bauchnabels auf Höhe der **Linea arcuata** (Abb. 4.32), an der das untere Viertel des Musculus rectus abdominis beginnt, ziehen alle drei Aponeurosen der schrägen Bauchmuskeln vor den Musculus rectus abdominis. In diesem Abschnitt ist kein hinteres Blatt der Rektusscheide ausgebildet. Man findet nur noch Fascia transversalis und Peritoneum parietale als trennende Wand zur Bauchhöhle. Das vordere Blatt der Rektusscheide besteht in diesem Abschnitt somit aus den Aponeurosen von Musculi obliquus externus abdominis, obliquus internus abdominis und transversus abdominis. Bei eröffneter Rektusscheide (vordere Rektusscheidenwand geschlitzt) und entferntem Musculus rectus abdominis kann man auf der Dorsalseite der Rektusscheide den Übergang vom oberen Anteil in den unteren, dorsal nicht verstärkten Anteil der Rektusscheide als Linea arcuata sehen und tasten.

254

Tab. 4.1 Bauchwandmuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus obliquus externus abdominis	Acht Zacken an der Außenfläche der 5.–12. Rippe [5.–9. alternierend mit Musculus serratus anterior und 9. – 12. mit Musculus latissimus dorsi]	Labium externum der Crista iliaca; Aponeurose – äußeres Blatt der Rektusscheide und Ligamentum inguinale (Leistenband)	Rami anteriores der Interkostalnerven V–XII (Th5–Th12, L1)	Bauchpresse; Exspiration; beide Muskeln zusammen beugen den Rumpf nach vorn; Beteiligung an der Bogen-Sehnen-Konstruktion; ipsilateraler Einsatz neigt den Rumpf zur gleichen Seite und dreht ihn bei gemeinsamer Wirkung mit dem Musculus obliquus internus abdominis zur Gegenseite
Musculus obliquus internus abdominis	Fascia thoracolumbalis; Linea intermedia der Crista iliaca; Spina iliaca anterior superior; laterale zwei Drittel des Ligamentum inguinale	Unterrand der unteren drei oder vier Rippen; Aponeurose endet in der Linea alba; Crista pubica und Linea pectinea	Rami anteriores der Interkostalnerven VIII–XII ([Th8] Th9–Th12, L1 (L2), Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis)	Bauchpresse; Exspiration; beide Muskeln zusammen beugen den Rumpf nach vorn, verspannen die Bauchwand, beteiligen sich an der Bogen-Sehnen-Konstruktion; ipsilaterale Aktivierung führt zur Seitwärtsneigung und Drehung des Rumpfes zur ipsilateralen Seite gemeinsam mit dem Musculus obliquus abdominis der Gegenseite
Musculus transversus abdominis	Tiefes Blatt der Fascia thoracolumbalis; Labium inter-num der Crista iliaca; laterales Drittel des Ligamentum inguinale; Rippenknorpel der unteren 6 Rippen (Costae VII –XII)	Kranial der Linea arcuata in das innere; kaudal in das äußere Blatt der Rektusscheide über eigene Aponeurose	Rami anteriores der Interkostalnerven V–XII ([Th5–Th6] Th7–Th12, L1–L2, Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis)	Bauchpresse; Verspannen der Bauchwand; (Exspiration)
Musculus rectus abdominis	Rippenknorpel der Costae V – VII; Processus xiphoideus	Crista pubica, Tuberculum pubicum und Symphysis pubica	Rami anteriores der Interkostalnerven (VI) VII–XII ([Th5] Th6–Th12, L1 (L2), Nervi iliohypogastricus, [ilioinguinalis])	Bauchpresse; beugt Wirbelsäule; spannt Bauchwand
Musculus pyramidalis	Vorderseite des Os pubis	In die Linea alba	Ramus anterior aus Th12	Spannt die Linea alba

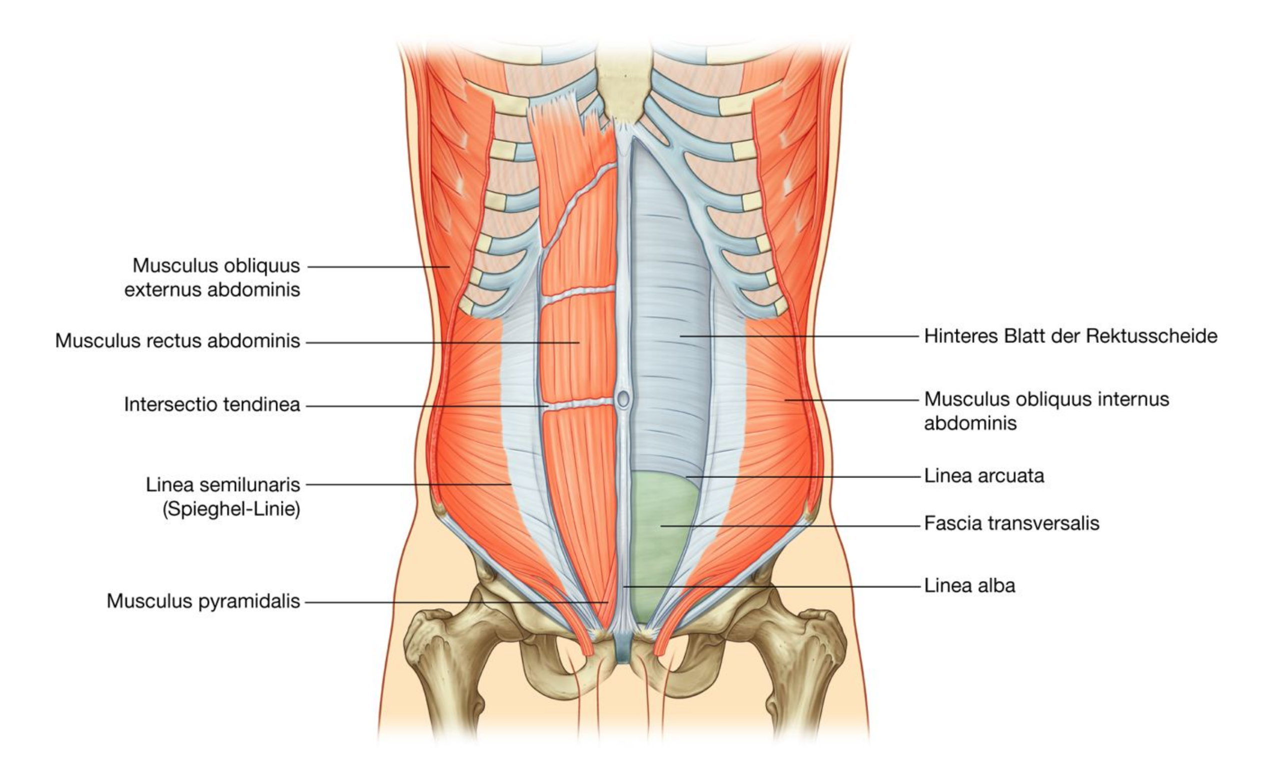
Spatium extraperitoneale

Zwischen Fascia transversalis und Peritoneum parietale liegt das mehr oder weniger stark ausgeprägte **Spatium extraperitoneale**, eine Fettgewebsschicht (Abb. 4.34), die dorsal an der Rückwand der Bauchhöhle deutlicher ausgebildet ist. Im Spatium extraperitoneale liegen Organe des Retroperitoneums wie der größte Teil des Duodenums, das Pankreas oder Teile des Kolons. Das Spatium extraperitoneale erstreckt sich bis in die Mesenterien und beherbergt die zum Darm führenden Blutgefäße.

255
256

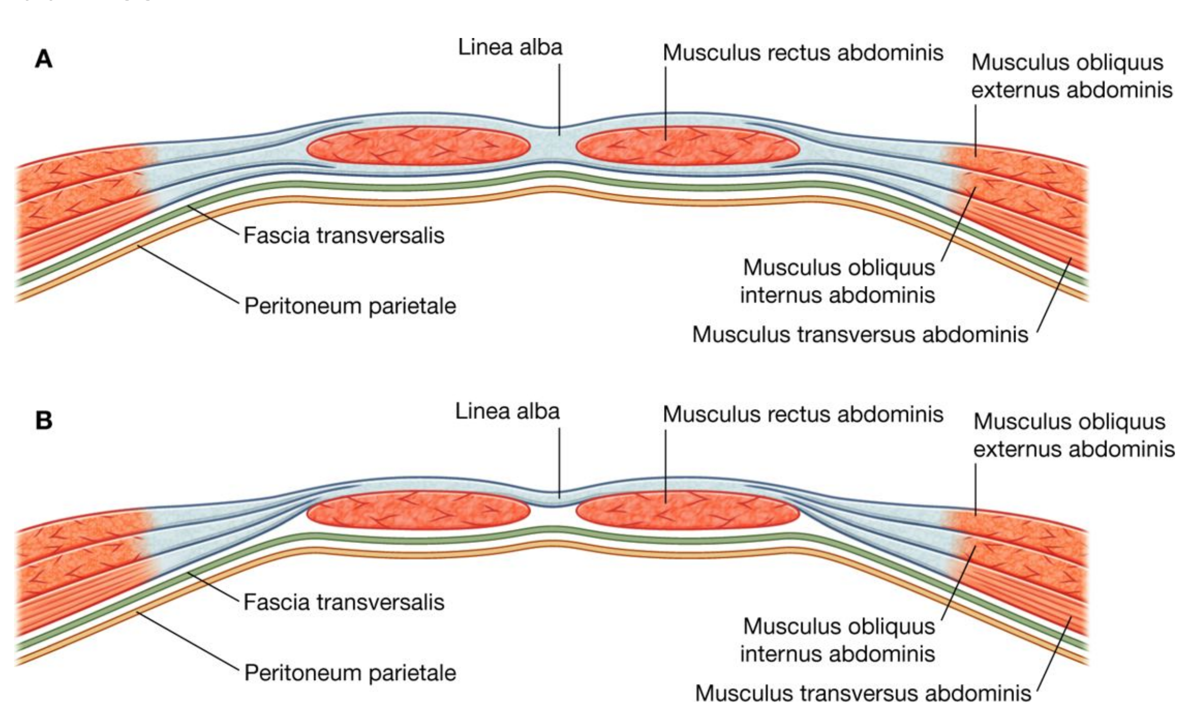
In den Anleitungen zu bestimmten Operationsverfahren wird das Spatium extraperitoneale auf der ventralen Bauchwand oftmals als Spatium preperitoneale und auf der dorsalen Bauchwand als Spatium retroperitoneale bezeichnet (Abb. 4.35). Beispiele für den Gebrauch dieser Begriffe sind der Übergang von Fettgewebe innerhalb des Inguinalkanals in das präperitoneale Fett oder eine transabdominale laparoskopische Operation einer Leistenhernie.

Abb. 4.32



Musculus rectus abdominis und Musculus pyramidalis.

Abb. 4.33



Aufbau der Rektusscheide. **A**. Querschnitt durch einen Bereich der oberen drei Viertel der Rektusscheide. **B**. Querschnitt durch einen Bereich des unteren Viertels der Rektusscheide (unterhalb der Linea arcuata).

256
257

Peritoneum

Unter der Fascia transversalis und dem schwach bis gar nicht ausgeprägten Spatium extraperitoneale auf der vorderen Bauchwand befindet sich das Peritoneum parietale (Abb. 4.6 und 4.7). Die dünne Serosa kleidet die Wände der Bauchhöhle aus und tritt an zahlreichen Stellen auf die Baucheingeweide über, um diese teilweise oder vollständig zu bedecken. Der Teil des Peritoneums, der die Bauchwand von innen auskleidet, ist das Peritoneum parietale; das Peritoneum, das die Eingeweide bedeckt, wird als Peritoneum viscerale bezeichnet.

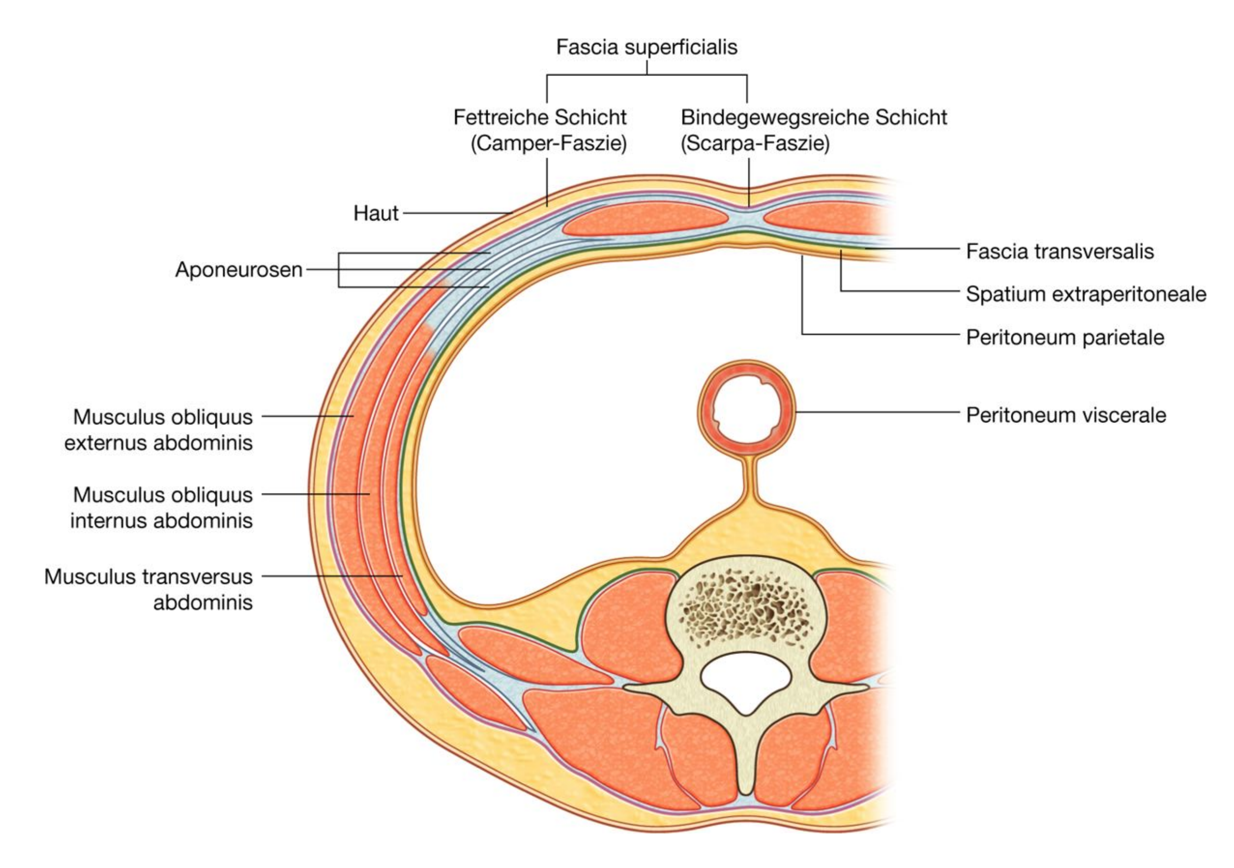
Das Peritoneum parietale, das die Bauchwände von innen bedeckt, bildet eine Höhle (Peritonealhöhle). Die Höhle ist beim Mann normalerweise komplett verschlossen; bei der Frau besteht über die Tubenöffnungen (Eileiteröffnungen) via Eileiter, Uteruslumen und Vagina eine Verbindung nach außen.

Auf der Innenseite der Bauchwand verlaufen unterhalb des Nabels drei Peritonealfalten bis in das kleine Becken:

- Die unpaare Plica umbilicalis mediana wird durch den obliterierten Urachus (Harngang; embryologisch der extraperitoneal in der Bauchhöhle gelegene Teil des Allantoisgangs – vom Scheitel der späteren Harnblase bis zum Nabel) aufgeworfen.
- Die paarige Plica umbilicalis medialis wird durch die größtenteils obliterierten ehemaligen Arteriae umbilicales (embryonaler Kreislauf) aufgeworfen.

- Die paarige Plica umbilicalis lateralis wird durch die Vasa epigastrica inferiora aufgeworfen.

Abb. 4.34



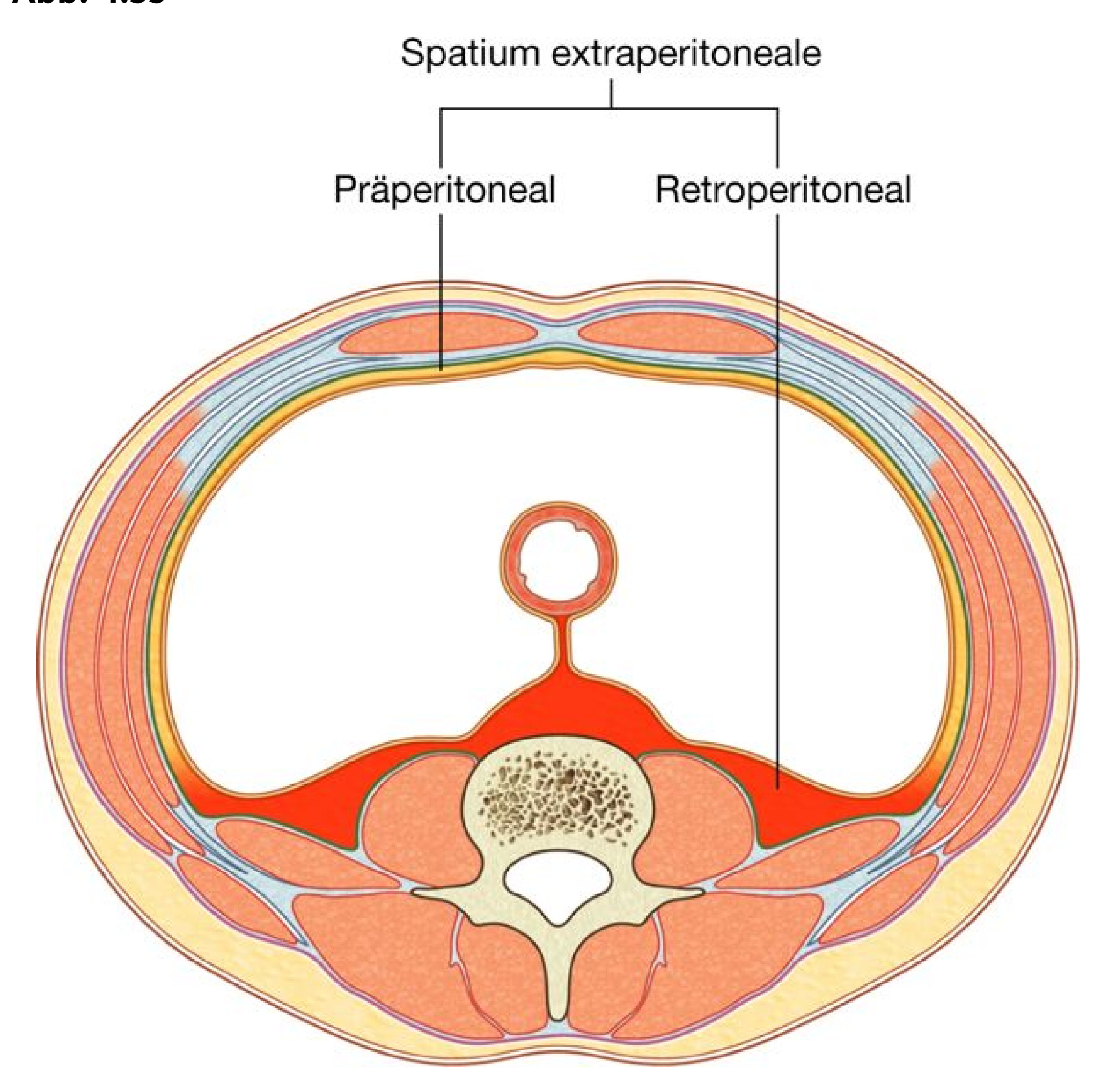
Querschnitt zur Darstellung der Schichten der Bauchwand.

Innervation

Haut und Muskulatur der vorderen und seitlichen Bauchwand werden durch die Spinalnerven Th7 bis Th12 und aus L1 innerviert. Die Rami anteriores der Spinalnerven ziehen von dorsal nach ventral in kaudomedialer Richtung um den Körper (Abb. 4.36). In ihrem Verlauf geben sie jeweils einen Ramus cutaneus lateralis ab und enden als Ramus cutaneus anterior.

Die Nervi intercostales (Th7 – Th11) verlassen ihre entsprechenden Interkostalräume, ziehen unter den Rippenknorpeln entlang und dann weiter zwischen Musculus obliquus internus abdominis und Musculus transversus abdominis auf die ventrolaterale Bauchwand (Abb. 4.37). 257 Nach Erreichen des lateralen Randes der Rektusscheide (Linea semilunaris, Spieghel-Linie) 258 treten sie in die Rektusscheide ein und ziehen dorsalwärts zum lateralen Rand des Musculus rectus abdominis. Auf ihrem Weg zur Mittellinie tritt ein Ramus cutaneus anterior durch den Musculus rectus abdominis und das vordere Blatt der Rektusscheide zur Haut.

Abb. 4.35



Unterteilungen des Spatium extraperitoneale.

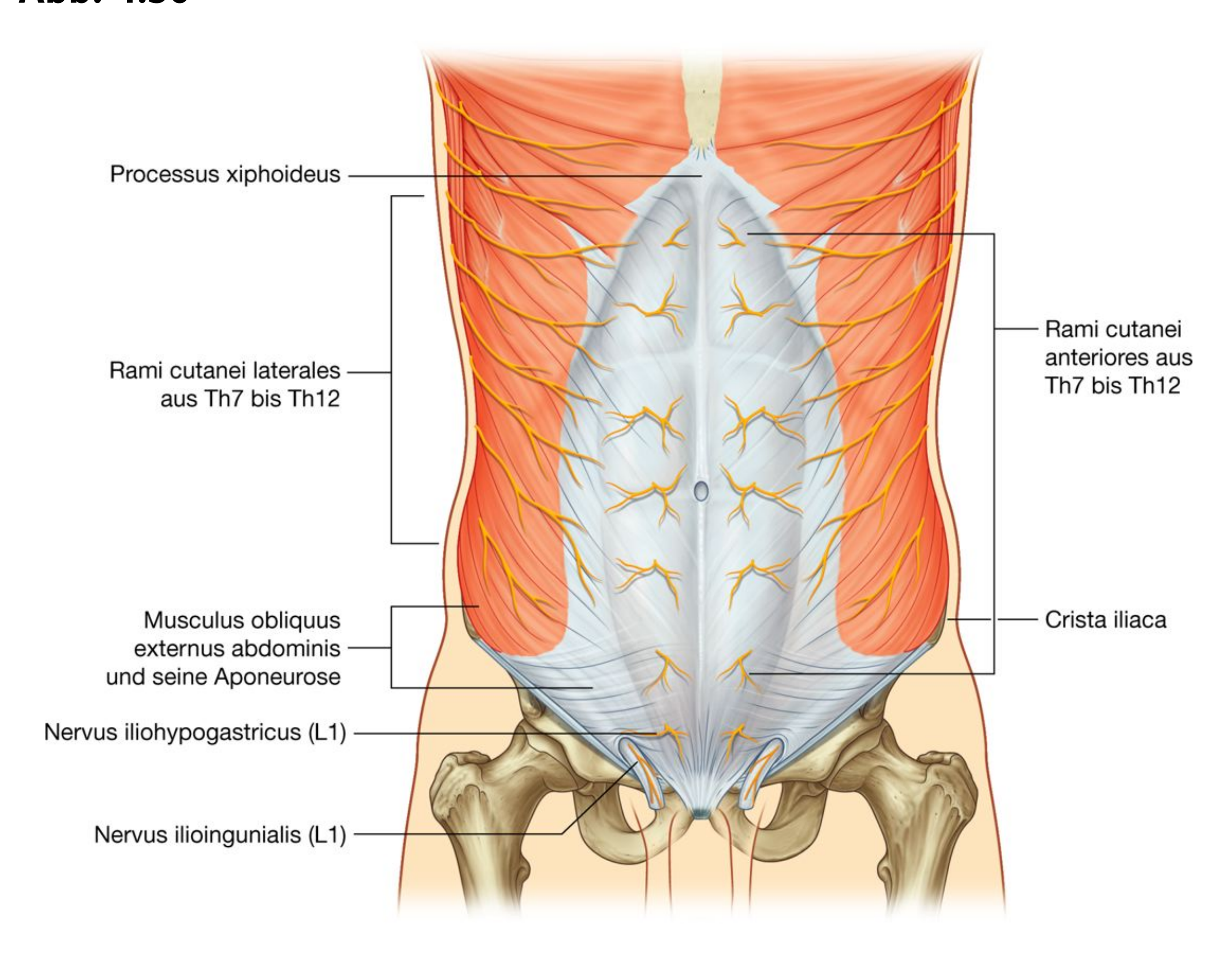
Der Spinalnerv Th12 wird als **Nervus subcostalis** bezeichnet und weist einen den Nervi intercostales vergleichbaren Verlauf auf. Äste aus L1 (**Nervus iliohypogastricus** und **Nervus ilioinguinalis**), die aus dem Plexus lumbalis hervorgehen, haben zunächst ebenfalls einen den Interkostalnerven vergleichbaren Verlauf, nehmen dann aber kurz vor Erreichen ihres Ziels einen abweichenden kaudalwärts gerichteten Weg.

In ihrem Verlauf geben die Nerven Th7 bis Th12 sowie L1 Äste zu den Muskeln der vorderen und seitlichen Bauchwand ab. Die Endäste aller dieser Nerven dienen der Hautinnervation:

- Die Nerven Th7 bis Th9 innervieren die Haut vom Processus xiphoideus bis etwas oberhalb des Bauchnabels.
- Th10 versorgt die Haut um den Bauchnabel.

- Th11, Th12 und L1 innervieren die Haut unmittelbar unterhalb des Bauchnabels einschließlich der Regio pubica (Abb. 4.38).
- Ferner wird die Vorderfläche von Skrotum bzw. Labia majora durch den Nervus ilioinguinalis (Ast aus L1) innerviert, der zudem einen kleinen Hautast zur Hüfte abgibt.

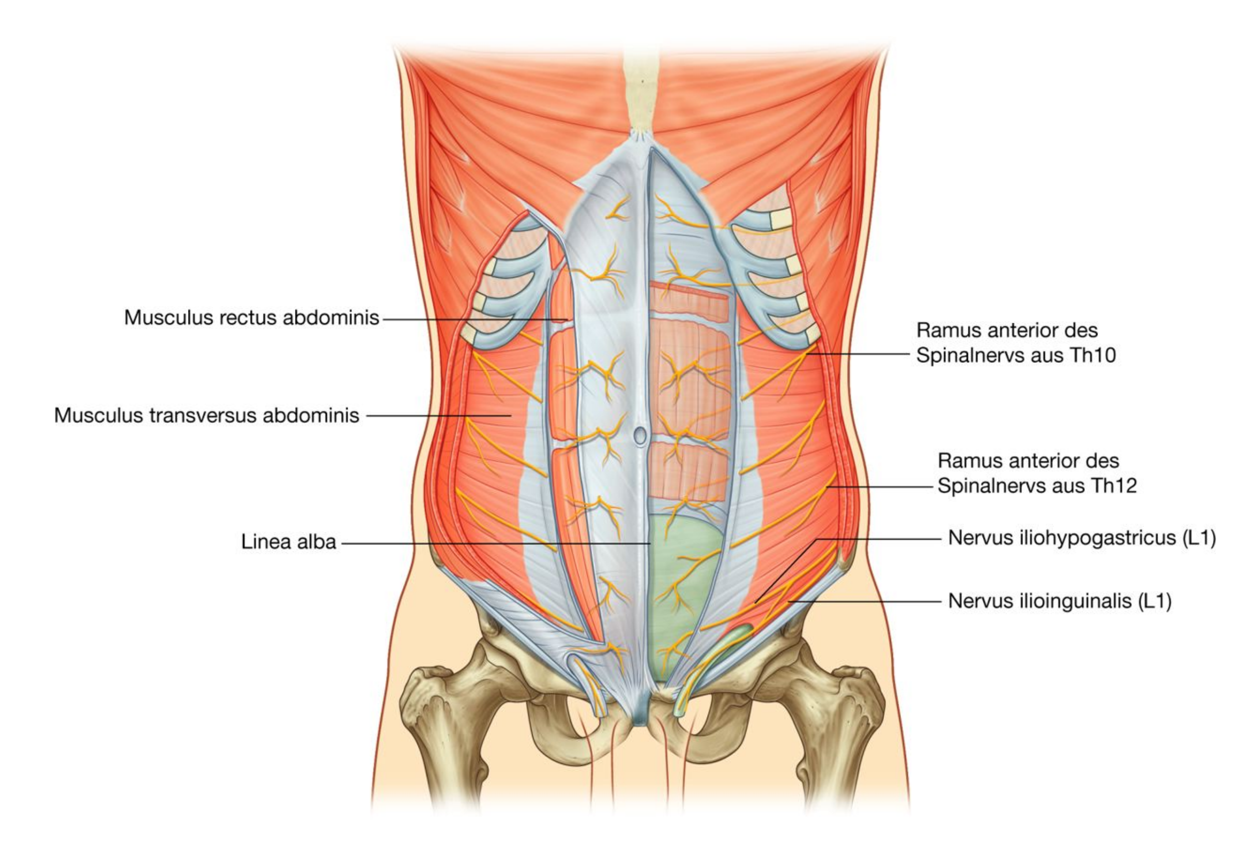
Abb. 4.36



Innervation der anterolateralen Bauchwand.

258

Abb. 4.37



Verlauf der Nerven, die die ventrolaterale Bauchwand innervieren.

Arterielle Blutversorgung und venöser Abfluss

Zahlreiche Blutgefäße tragen zur Versorgung der ventrolateralen Bauchwand bei.

Oberflächliche Äste

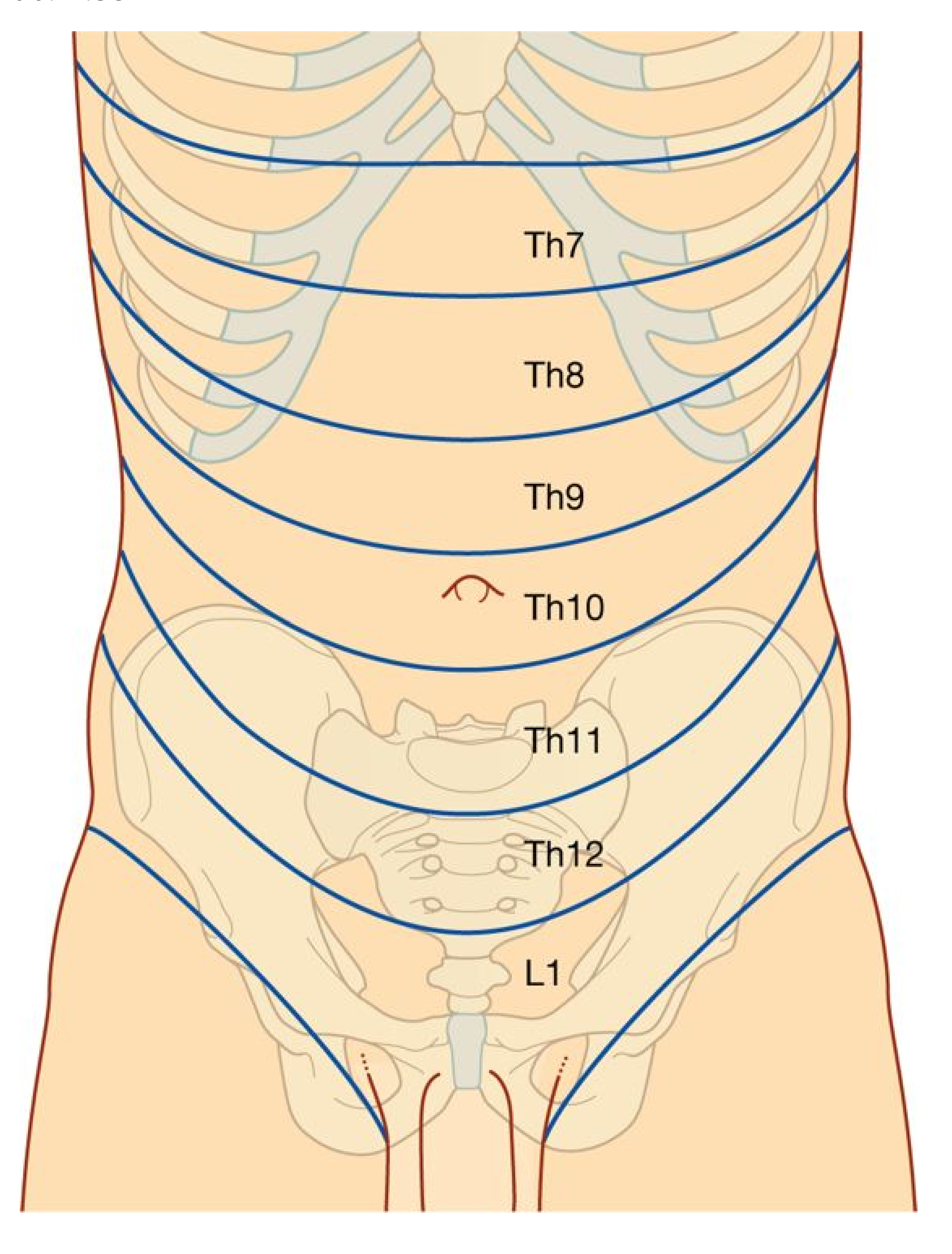
- Der obere Abschnitt der Bauchwand wird durch Äste der **Arteria musculophrenica** versorgt, die ein Ast der **Arteria thoracica interna** ist.
- Der untere Abschnitt der Bauchwand wird durch die medial verlaufende **Arteria epigastrica superficialis** und die lateral verlaufende **Arteria circumflexa ilium superficialis** versorgt. Beide Gefäße sind Äste aus der **Arteria femoralis** (Abb. 4.39).

Tiefe Äste

- Der kraniale Abschnitt der Bauchwand wird von der **Arteria epigastrica superior** versorgt, einem Ast der Arteria thoracica interna.
- Der laterale Abschnitt der Bauchwand wird durch Äste der **10.** und **11. Arteria intercostalis** sowie die **Arteria subcostalis** versorgt.

- Der untere Abschnitt der Bauchwand wird durch die medial verlaufende **Arteria epigastrica inferior** und die lateral verlaufende **Arteria circumflexa ilium profunda** versorgt. Beide Gefäße sind Äste der **Arteria iliaca externa**.

Abb. 4.38



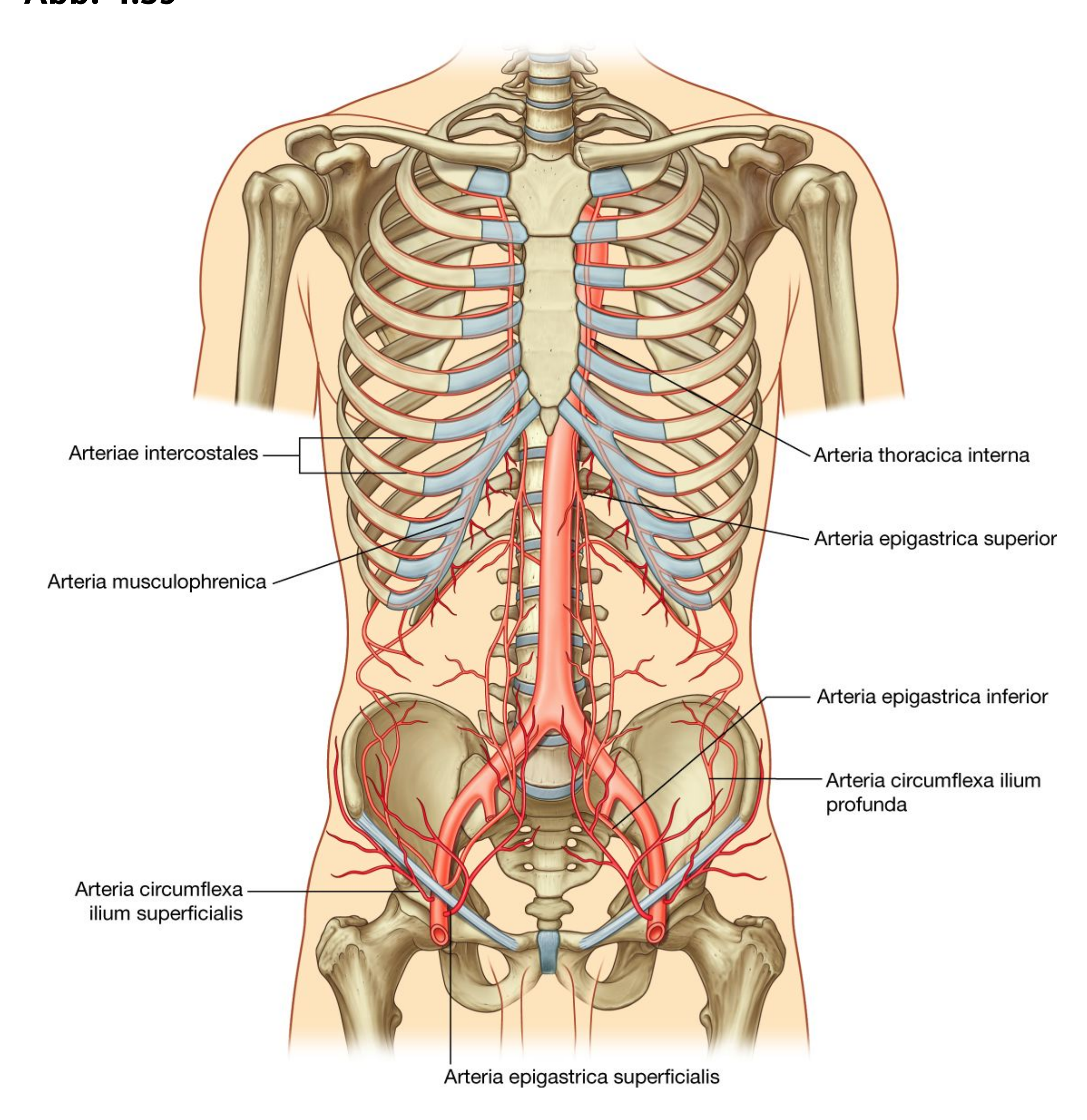
Dermatome auf der vorderen und seitlichen Bauchwand.

259

Arteriae epigastricae superior und inferior treten von kranial und kaudal in die Rektusscheide ein und anastomosieren im mittleren Abschnitt etwa auf Höhe des Bauchnabels. Sie liegen in ihrem gesamten Verlauf hinter dem Musculus rectus abdominis in der Rektusscheide (Abb. 4.40).

Gleichnamige Venen verlaufen mit den Arterien und sorgen für den venösen Abfluss.

Abb. 4.39



Arterielle Blutversorgung der vorderen Bauchwand.

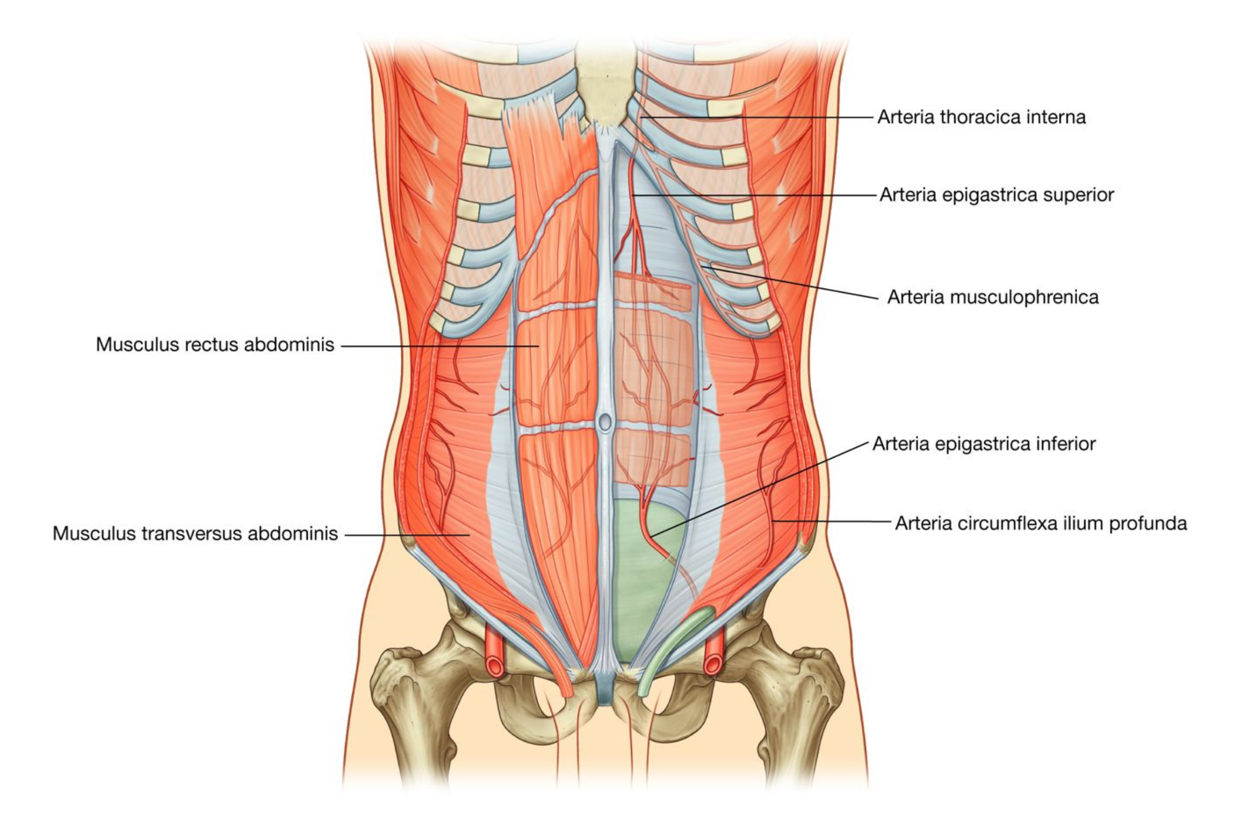
Arterielle Umgehungskreisläufe

Im Rahmen einer Aortenisthmusstenose (Coarctatio aortae) können sich arterielle Umgehungskreisläufe an der vorderen Rumpfwand ausbilden. Bei einer Aortenisthmusstenose handelt es sich um eine angeborene Verengung bis Atresie des Isthmus aortae, die entweder

prä- oder supraduktal oberhalb des offenen Ductus arteriosus (Botalli; Kurzschluss vom rechten Ventrikel in die Pars descendens des Aortenbogens im kindlichen Kreislauf vor der Geburt) auftritt und meist mit Herzfehlbildungen assoziiert ist oder als infra- oder postduktale Aortenisthmusstenose mit geschlossenem Ductus arteriosus vorkommt (Erwachsenentyp). Es kommt dadurch zu einer mit Symptomen einhergehenden Blutdruckerhöhung vor der Enge und einer Blutdruckdifferenz (Femoralispulsveränderungen) zwischen oberer und unterer Körperhälfte mit Blutdruckminderung jenseits der Stenose. Ferner resultieren prästenotische Dilatationen der Aorta, Arteriosklerose in diesem Abschnitt, Linksherzhypertrophie sowie die Ausbildung von Umgehungskreisläufen.

260
261

Abb. 4.40



Arteriae epigastricae superiores und inferiores.

Man unterscheidet einen vertikalen und einen horizontalen Umgehungskreislauf:

- vertikal: Aortenbogen – Arteria subclavia – Arteria thoracica interna – Arteria epigastrica superior – Arteria epigastrica inferior – Arteria femoralis und damit zur unteren Extremität
- horizonal: Aortenbogen – Arteria subclavia – Arteria thoracica interna – Arteriae intercostales anteriores – Arteriae intercostales posteriores – Aorta thoracalis und damit in den poststenotischen Abschnitt der Aorta.

Der erhöhte Blutdruck führt in den Gefäßen der Umgehungskreisläufe zu einer Dilatation und Schlängelung. Dies resultiert unterhalb der Rippen (Arteriae intercostales) in

charakteristischen Veränderungen mit Knochenabbau, der röntgenologisch als Rippenusuren sichtbar ist.

Venöse Umgehungskreisläufe (kavokavale Anastomosen)

Bei größeren Tumoren, durch Thrombosen oder durch Aneurysmen kann es zur Einflussstauung der Vena cava inferior, einer Vena iliaca communis oder in selteneren Fällen der Vena cava superior kommen. Dabei können sich Umgehungskreisläufe zwischen Vena cava superior und Vena cava inferior (kavokavale Anastomosen) im Bereich der vorderen Rumpfwand und der hinteren Rumpfwand ausbilden.

Kavokavale Anastomosen der vorderen Rumpfwand sind:

- epifaszial: Vena cava superior – Vena subclavia – Vena axillaris – Vena thoracoepigastrica – Vena epigastrica superficialis – Vena femoralis – Vena iliaca externa – Vena iliaca communis – Vena cava inferior
- Innenseite der Brust- und Bauchwand: Vena cava superior – Vena subclavia – Vena thoracica interna – Vena epigastrica superior – Vena epigastrica inferior – Vena iliaca externa – Vena iliaca communis – Vena cava inferior.

Kavokavale Anastomosen der hinteren Rumpfwand sind: Vena cava inferior – Vena iliaca communis – Vena lumbalis ascendens – Vena azygos/Vena hemiazygos (sowie Venenplexus der Wirbelsäule und des Rückenmarkskanals) – Vena cava superior.

261

262

Lymphabfluss

Der Lymphabfluss der vorderen und seitlichen Bauchwand folgt den Grundprinzipien des Lymphabflusses:

- Oberflächliche Lymphgefäße oberhalb des Bauchnabels drainieren kranialwärts in die **axillären Lymphknoten (Nodi lymphoidei axillares);** oberflächliche Lymphknoten unterhalb des Nabels drainieren kaudalwärts in die **Nodi lymphoidei inguinales superficiales**.
- Lymphgefäße auf der Innenseite der vorderen Rumpfwand verlaufen mit den tiefen Arterien entlang der Arteria thoracica interna zu den **Nodi lymphoidei parasternales**, entlang der Aorta abdominalis zu den **Nodi lymphoidei lumbales** und entlang der Arteria iliaca externa zu den **Noduli lymphoidei iliaci externi**.

LEISTENREGION

Die **Leistenregion (Regio inguinalis)** ist das Gebiet am Übergang zwischen vorderer Bauchwand und unterer Extremität. In diesem Bereich besitzt die Bauchwand mehrere Schwachstellen. Daher kann es hier leichter zur Ausbildung von Hernien – mit oder ohne Abdominalinhalt – durch die Bauchwand kommen. Bei der Frau sind Schenkelhernien häufig; beim Mann treten häufiger Leistenhernien auf. Allerdings können beide Typen bei beiden Geschlechtern vorkommen.

Der Übergangsbereich zwischen vorderer Bauchwand und unterer Extremität liegt unterhalb des Leistenbandes (Ligamentum inguinale) und stellt somit einen kurzen osteofibrösen Kanal dar. Der Kanal wird durch eine bindegewebige Abspaltung (Arcus iliopectineus) des Leistenbandes in zwei Abteilungen getrennt, die als **Lacuna vasorum** und **Lacuna musculorum** bezeichnet werden (Abb. 4.41A).

Lacuna vasorum

Die Lacuna vasorum liegt neben dem Os pubis. Durch die Lacuna vasorum treten die Arteria und Vena iliaca externa und werden am Oberschenkel zur Arteria und Vena femoralis. Ferner tritt der Ramus femoralis des Nervus genitofemoralis durch den kraniolateralen Abschnitt der Lacuna vasorum. Im kaudomedialen Anteil liegt ein Lymphknoten (Nodus lymphoideus inguinalis profundus = Rosenmüller-Lymphknoten). Die übrigen Anteile der Lacuna vasorum sind von Bindegewebe (Septum femorale) ausgefüllt. *Die Lacuna vasorum ist die innere Bruchpforte für Schenkelhernien; Schwachstelle ist das Septum femorale neben der Vena femoralis.*

Lacuna musculorum

Die Lacuna musculorum liegt lateral der Lacuna vasorum und ist durch den Arcus iliopectineus, einen Bindegewebsbogen von ihr getrennt. Durch die Lacuna musculorum t-reten der Musculus psoas major und der Musculus iliacus (gemeinsam als Musculus iliopsoas bezeichnet) zum Oberschenkel, um am Trochanter minor zu inserieren. Unterhalb des Musculus iliopsoas liegt die Bursa iliopectinea am Boden der Lacuna musculorum. Sie steht in ca. 10% der Fälle mit derGelenkhöhle der Articulatio coxae in Verbindung.

Direkt am Arcus iliopectineus tritt der Nervus femoralis durch die Lacuna musculorum in den Oberschenkel über. In enger Nachbarschaft zur Spina iliaca anterior superior verläuft der Nervus cutaneus femoris lateralis durch den kraniolateralen Anteil der Lacuna musculorum. *Der Nervus cutaneus femoris lateralis kann bei Überbeanspruchung des Musculus psoas major (Hypertrophie des Muskels) in der Lacuna musculorum eingeklemmt werden und zu Sensibilitätsausfällen an der lateralen Oberschenkelseite bis zum Knie führen.*

Vordere Bauchwand

Eine der Schwachstellen der vorderen Bauchwand ist der Leistenkanal. Er entsteht im Rahmen der Gonadenentwicklung. Dabei werden die Hoden beim männlichen Embryo im Laufe der Fetalzeit aus der Bauchhöhle ausgelagert, indem sie entlang dem unteren Keimdrüsenband (Gubernaculum testis) unter dem Peritoneum an der dorsalen Leibeswand in das Skrotum absteigen. Das Peritoneum bildet im Leistenkanal eine Aussackung (Processus vaginalis peritonei), der bis in das Skrotum hinabreicht und über dem Hoden und dem Nebenhoden zu liegen kommt (Abb. 4.41B). Da der Hoden somit in einer Aussackung der Bauchwand liegt, die sich als Tasche in das Skrotum hinein erstreckt, haben der Hoden und der Samenstrang den gleichen Aufbau wie die Bauchwand:

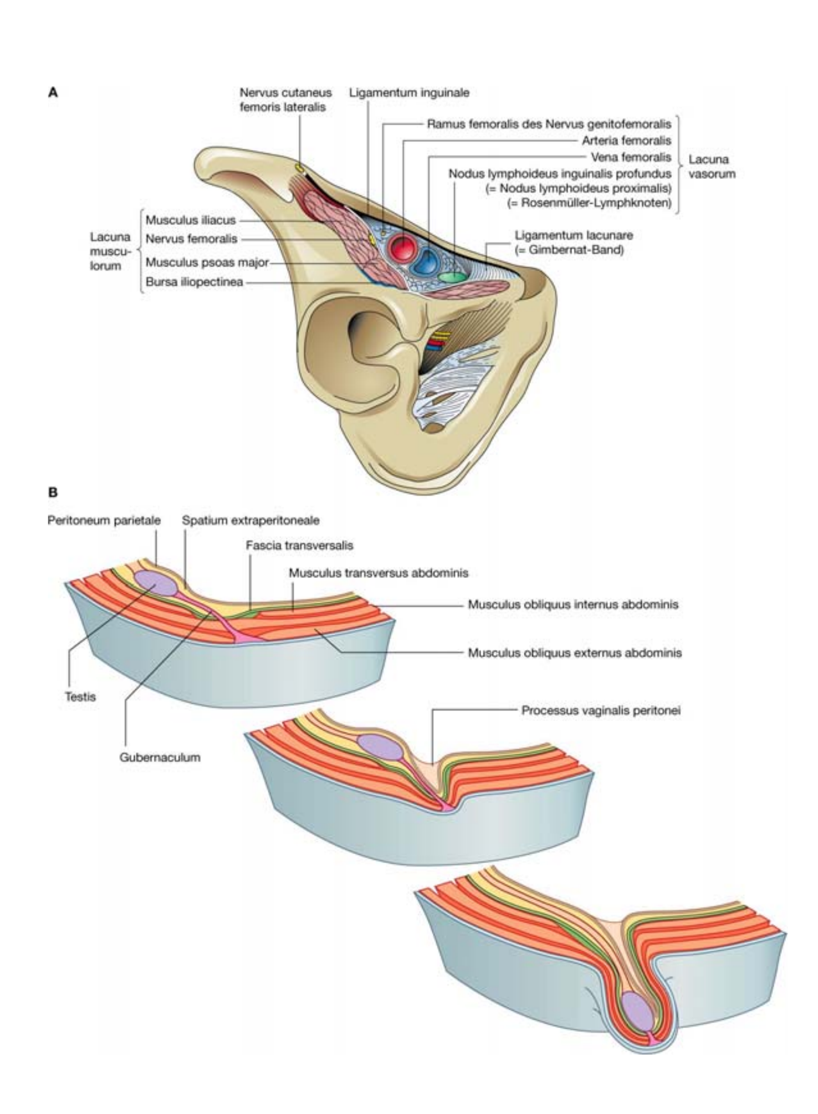
- Die Fascia transversalis bildet die innerste Hülle und wird zur Fascia spermatica interna.
- Eine zweite Hülle wird von Muskelfasern des Musculus obliquus internus abdominis gebildet und als Musculus cremaster bezeichnet.
- Die oberflächlichste Umhüllung stammt von der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis und bildet die Fascia spermatica externa.

Eine vom Musculus transversus abdominis stammende Umhüllung besteht nicht, da der Processus vaginalis peritonei unterhalb des Unterrandes der transversal verlaufenden Fasern des Muskels hinwegzieht. Der Processus vaginalis peritonei wird durch den Deszensus in eine tubuläre Struktur verwandelt, die von den Schichten der vorderen Bauchwand umhüllt ist. Er stellt somit die wesentliche Struktur im **Canalis inguinalis** dar. Im Rahmen des Descensus testis steigen dem Hoden zugehörige Gefäße (Arteria und Vena testicularis), der Ductus deferens (Samenleiter) sowie Nerven durch den Canalis inguinalis und werden somit ebenfalls von den Faszienschichten der Bauchwand eingehüllt. Der Descensus testis schließt beim Mann die Bildung des Samenstrangs ab.

262

263

Abb. 4.41



Regio inguinalis. **A**. Lacuna musculorum und Lacuna vasorum einer rechten Beckenhälfte. **B**. Descensus testis von der 7. Woche (post conceptionem) bis zur Geburt.

263

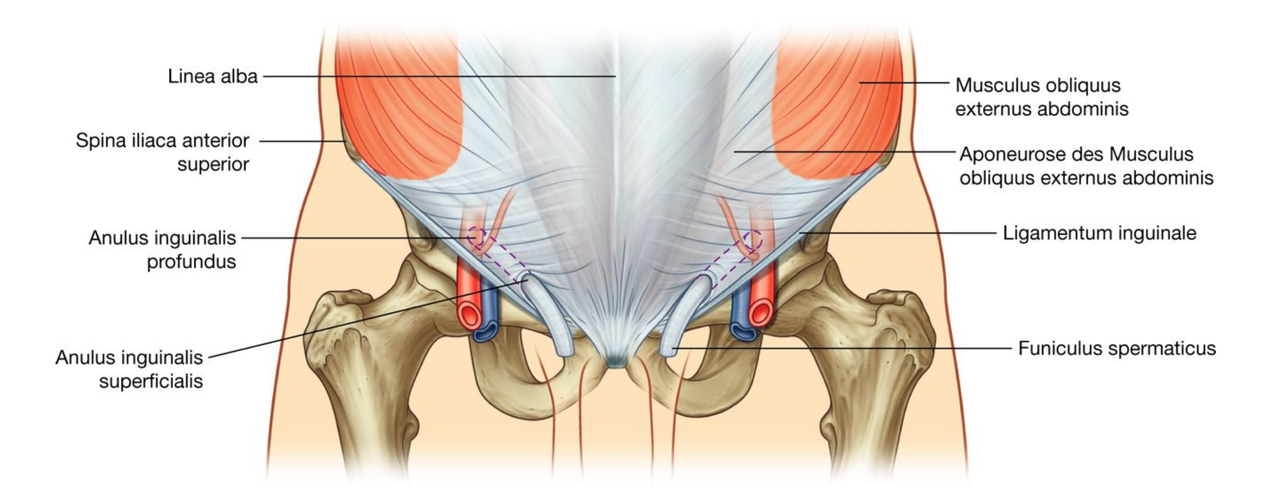
Bei der Entwicklung eines weiblichen Embryos entsteht aus dem oberen Abschnitt des Keimdrüsenbandes das Ligamentum suspensorium ovarii, in dem Arteria und Vena ovarica verlaufen; aus dem unteren Abschnitt des Gubernaculums geht das Ligamentum ovarii proprium hervor, das vom Ovar zum Uterus-Tuben-Winkel verläuft. Beide Bänder dienen der Befestigung des Ovars. Die Ovarien steigen nur bis in die Beckenhöhle ab und kommen in der Nachbarschaft der sich entwickelnden Gebärmutter zu liegen. Die einzige Struktur, die durch den Leistenkanal zieht, der sich genau wie beim Mann entwickelt, ist der unterste Abschnitt des Gubernaculums, das sich zum Ligamentum teres uteri differenziert.

Die Entwicklung wird bei beiden Geschlechtern durch die Obliteration des Processus vaginalis abgeschlossen. Als Residuum bleibt das Vestigium processus vaginalis als Bindegewebsstrang erhalten. Falls die Obliteration nicht oder nur unvollständig erfolgt, existiert eine potenzielle Schwachstelle der Bauchwand, an der leicht eine Leistenhernie entstehen kann.

Canalis inguinalis

Der Leistenkanal ist ein schlitzförmiger Gang, der unmittelbar oberhalb des Leistenbandes und parallel zu dessen unterer Hälfte nach kaudal medial gerichtet verläuft. Er beginnt am Anulus inguinalis profundus der inneren Bauchwand, verläuft etwa 4 cm schräg durch die Bauchwand, um sich am Anulus inguinalis superficialis der äußeren Bauchwand zu öffnen (Abb. 4.42). Der Leistenkanal enthält beim Mann den **Samenstrang** und bei der Frau das Ligamentum teres uteri. Bei beiden Geschlechtern tritt der Nervus ilioinguinalis durch einen Teil des Kanals und verlässt ihn am Anulus inguinalis superficialis zusammen mit dem übrigen Inhalt (Samenstrang bzw. Ligamentum teres uteri).

Abb. 4.42



Canalis inguinalis.

Anulus inguinalis profundus

Der Anulus inguinalis profundus (innerer Leistenring) ist der Beginn des Leistenkanals und befindet sich in der Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphysis pubica auf

der inneren Bauchwand (Abb. 4.43), knapp oberhalb des Ligamentum inguinale und unmittelbar lateral der Arteria und Vena epigastrica inferior, die innerhalb der Plica umbilicalis lateralis liegen. Am Anulus inguinalis wird die Fascia transversalis ausgestülpt, die sich als **Fascia spermatica interna** auf den Funiculus spermaticus beim Mann und um das Ligamentum teres uteri bei der Frau fortsetzt.

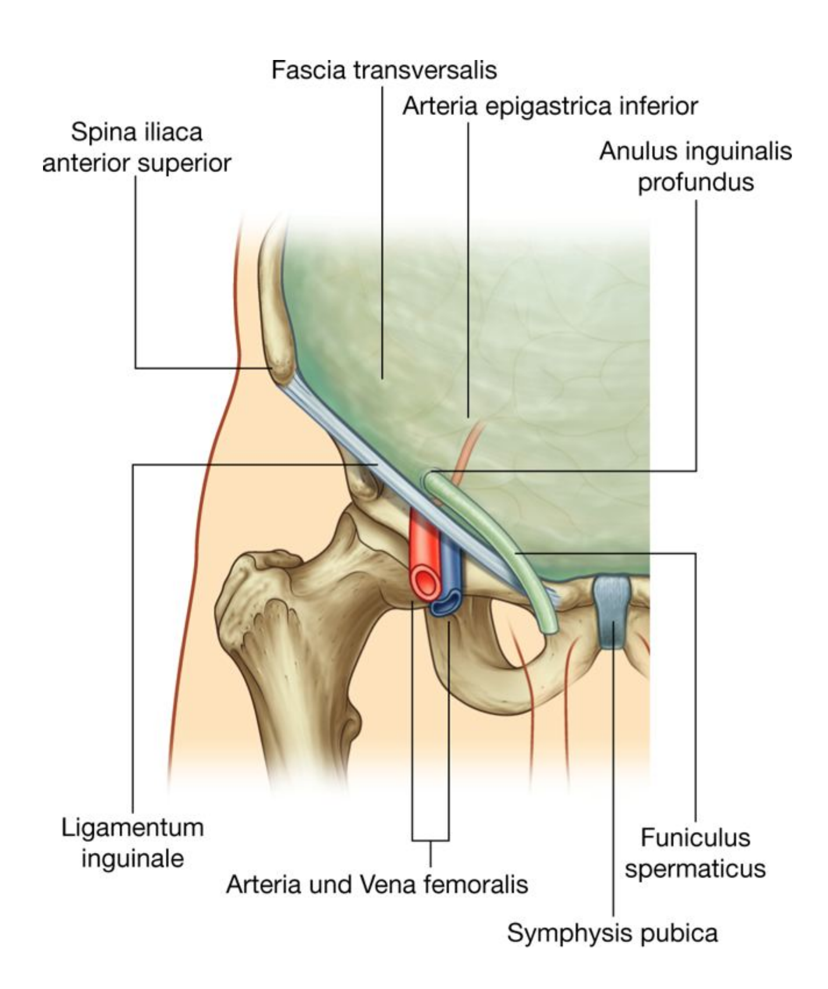
Anulus inguinalis superficialis

Der Anulus inguinalis superficialis (äußerer Leistenring) bildet die äußere Öffnung des Canalis inguinalis oberhalb des Tuberculum pubicum (Abb. 4.44). Er besteht aus einer schräg verlaufenden runden Öffnung in der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis, deren Oberrand nach kraniolateral gerichtet ist und deren Unterrand vom Ligamentum inguinale gebildet wird. Die beiden Seiten werden als **Crus mediale** und **Crus laterale** bezeichnet. Am Oberrand kreuzen Fasern zwischen beiden Crura (Fibrae intercrurales), um eine Vergrößerung des äußeren Leistenrings zu verhindern.

Analog zum inneren Leistenring ist der äußere Leistenring der Beginn der tubulären Ausstülpung der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis auf die Strukturen, die den Leistenkanal durchqueren und am äußeren Leistenring austreten. Die Fortsetzung der Externusaponeurose auf den Samenstrang wird als **Fascia spermatica externa** bezeichnet.

264
265

Abb. 4.43



Anulus inguinalis profundus und Fascia transversalis.

Vorderwand

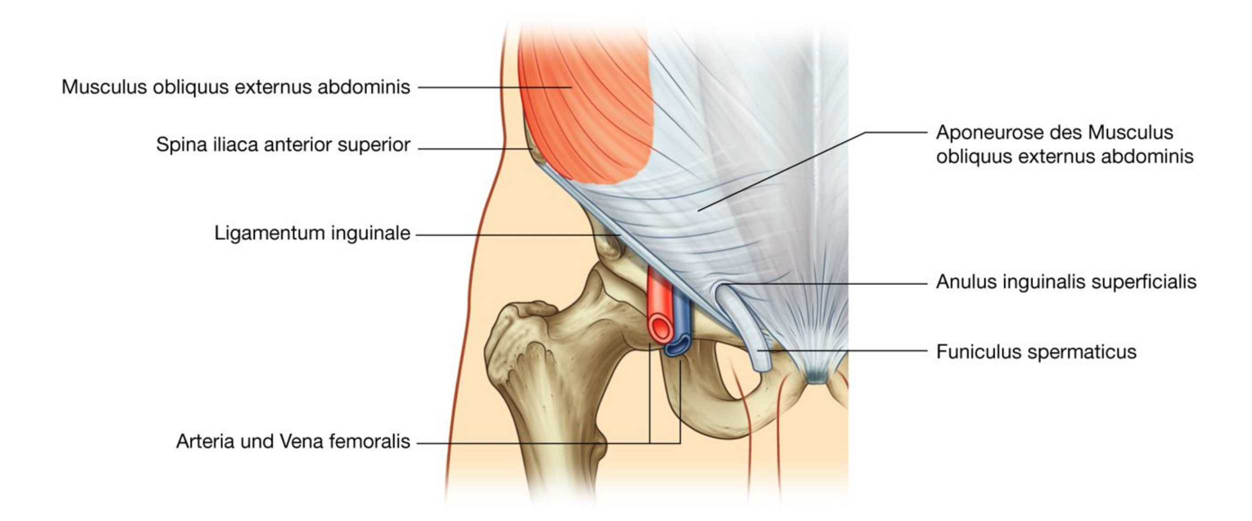
Die Vorderwand des Leistenkanals wird in ihrer gesamten Länge von der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis gebildet (Abb. 4.44). Sie wird dabei lateral durch die medialen Fasern des Musculus obliquus internus abdominis verstärkt, da die unteren Fasern des Musculus obliquus internus abdominis an den lateralen zwei Dritteln des Ligamentum inguinale entspringen (Abb. 4.45). Dadurch wird der innere Leistenring, der eine potenzielle Schwachstelle in der vorderen Bauchwand darstellt, von einer zusätzlichen Schicht bedeckt. Da sich der Musculus obliquus internus abdominis über den inneren Leistenring auf den Funiculus spermaticus fortsetzt, wird dieser außen von abgespaltenen Muskelfasern des Musculus obliquus internus abdominis und einer Muskelfaszie des Musculus obliquus internus bedeckt. Die Muskelfaszie ist die **Fascia cremasterica**. Die abgespaltenen Muskelfasern bilden den **Musculus cremaster**, der den Hoden zur Temperaturregulation (die Spermatogenese erfordert eine Temperatur, die etwa 2 °C unter der intraabdominellen Temperatur liegt) näher an den Körper heranziehen kann.

Hinterwand

Die Hinterwand des Leistenkanals wird in ihrer gesamten Länge von der Fascia transversalis (Abb. 4.43) gebildet. Sie wird in ihrem medialen Drittel durch die **Falx inguinalis** (Abb. 4.45) verstärkt. Diese Sehne besteht aus dem vereinten Ansatz von Musculus transversus abdominis und Musculus obliquus internus abdominis an der Crista pubica und an der Linea pectinea.

Analog zur Verstärkung im Bereich des inneren Leistenrings durch den Musculus obliquus internus bietet die Falxinguinalis hinter dem äußeren Leistenring zusätzliche Stabilität.

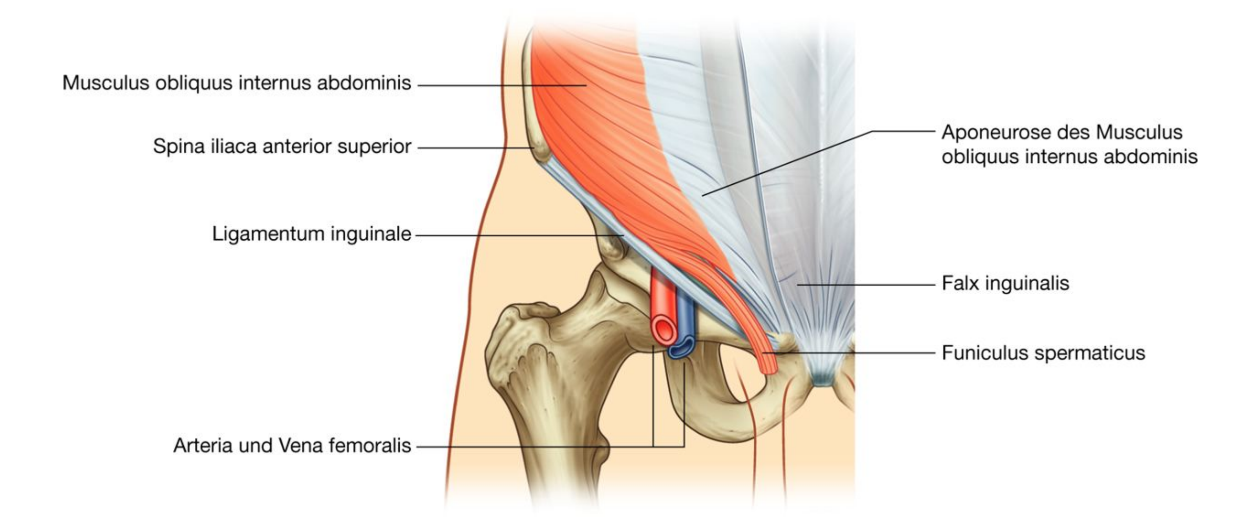
Abb. 4.44



Anulus inguinalis superficialis und Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis.

265

Abb. 4.45



Musculus obliquus internus abdominis und Canalis inguinalis.

Dach

Das Dach (obere Wand) des Leistenkanals wird durch die bogenförmig verlaufenden Fasern des Musculus transversus abdominis und des Musculus obliquus internus abdominis gebildet (Abb. 4.45 und 4.46). Die Muskelfasern ziehen von ihren lateralen Ursprüngen vom Ligamentum inguinale zu ihrem gemeinsamen, medial liegenden Ansatz an der Falx inguinalis.

Boden

Der Boden (untere Wand) des Leistenkanals wird von der medialen Hälfte des Ligamentum inguinale gebildet. Der nach innen eingerollte, freie Rand des untersten Anteils der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis bildet eine Rinne, in der der Funiculus spermaticus durch den Leistenkanal gelangt. Das Ligamentum inguinale wird an der Stelle, an der es den Boden des Leistenkanals bildet, als Ligamentum reflexum bezeichnet.

Inhalt

Zum Inhalt des Leistenkanals gehören:

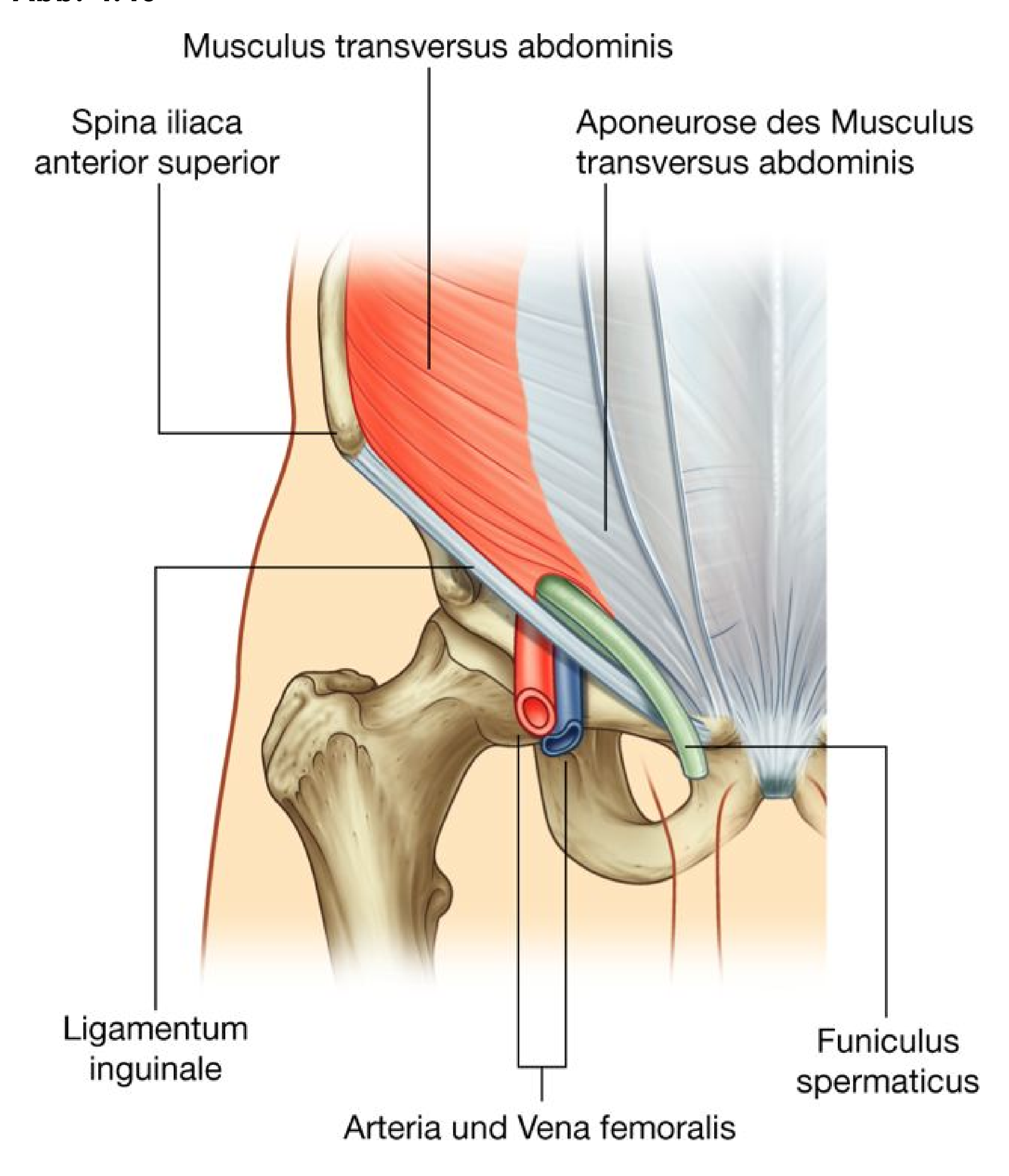
- beim Mann der Samenstrang (Funiculus spermaticus)
- bei der Frau das Ligamentum teres uteri und Lymphgefäße.

Die Strukturen treten durch den Anulus inguinalis profundus in den Leistenkanal ein und verlassen ihn über den Anulus inguinalis superficialis.

Ferner verläuft der Nervus ilioinguinalis (L1) durch einen Teil des Leistenkanals. Der Nerv ist ein Ast aus dem Plexus lumbalis, der von dorsal in die Bauchwand eintritt, indem er die Innenfläche des Musculus transversus abdominis durchbricht, weiter durch die Schichten der

Bauchwand verläuft und dabei den Musculus obliquus internus abdominis durchbohrt. Auf seinem weiteren nach kaudomedial gerichteten Weg tritt er in den Leistenkanal ein. Er verläuft weiter im Leistenkanal und tritt mit dem Samenstrang am Anulus inguinalis superficialis aus. Dabei liegt er auf der äußeren Hülle des Funiculus spermaticus, der Fascia spermatica externa.

Abb. 4.46



Musculus transversus abdominis und Canalis inguinalis.

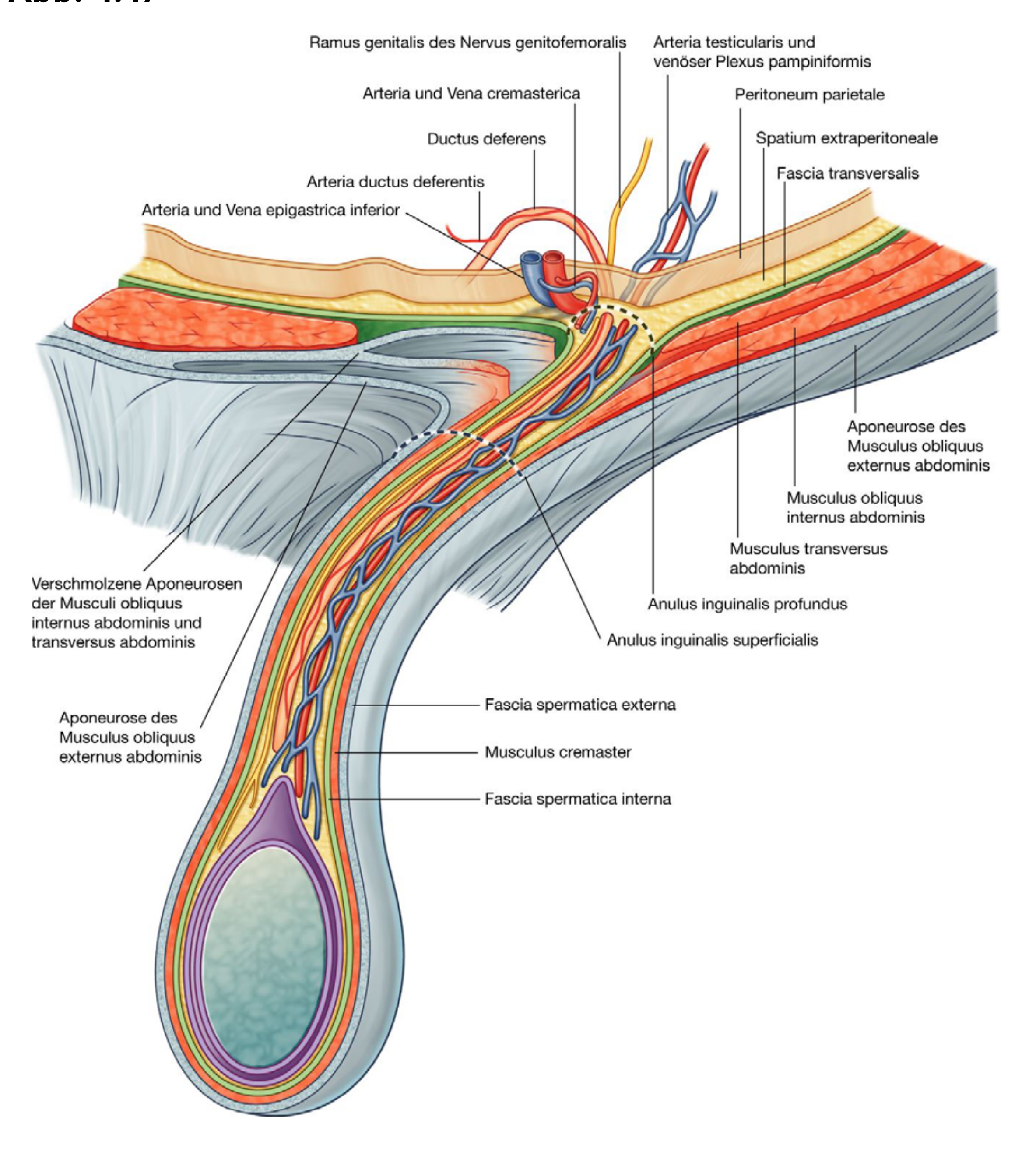
266

267

Funiculus spermaticus

Der Funiculus spermaticus (Samenstrang) besteht aus Strukturen, die aus Bauch- und Beckenhöhle kommen und zum Hoden ziehen. Er besitzt außen die drei oben besprochenen Hüllen (Abb. 4.47).

Abb. 4.47



Funiculus spermaticus.

267
268

Die Strukturen im Samenstrang sind:

- Ductus deferens
- Arteria ductus deferentis (aus der Arteria vesicalis inferior)

- Arteria testicularis (aus der Aorta abdominalis)
- Plexus pampiniformis (geht in Vena testicularis über, Letztere mündet rechts in die Vena cava inferior und links in die Vena renalis sinistra)
- Arteria und Vena cremasterica (kleine Gefäße, die mit der Fascia cremasterica verbunden sind)
- Ramus genitalis des Nervus genitofemoralis (Innervation des Musculus cremaster)
- sympathische und viszeroafferente Nervenfasern
- Lymphgefäße
- Überreste des Processus vaginalis (Vestigium processus vaginalis).

Diese Strukturen treten in den inneren Leistenring ein, durchqueren den Leistenkanal und treten am äußeren Leistenring aus. Außen sind sie von drei Hüllen umgeben. Die Gesamtheit der Strukturen und Faszien setzt sich in das Skrotum fort. Hier gewinnen die Strukturen Anschluss an den Hoden; die Faszien umhüllen den Hoden.

Die Faszien, die den Inhalt des Samenstrangs umhüllen, sind:

- die Fascia spermatica interna, die die innerste Schicht bildet, aus der Fascia transversalis hervorgeht und an den Rändern des inneren Leistenrings befestigt ist
- die Fascia cremasterica mit dem als Abspaltung aus dem Musculus obliquus internus abdominis hervorgehenden Musculus cremaster, die die mittlere Hülle bildet
- die Fascia spermatica externa, die die äußerste Hülle des Samenstrangs bildet, aus der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis hervorgeht und am Rand des äußeren Leistenrings befestigt ist (Abb. 4.47).

Ligamentum teres uteri

Das Ligamentum teres uteri ist ein schnurartiges Band, das vom Uterus zum Anulus inguinalis profundus zieht. Am Anulus inguinalis profundus tritt es in den Leistenkanal ein, durchquert ihn und und tritt am äußeren Leistenring wieder aus. Ab hier wird das Band flacher und platter und inseriert im Bindegewebe der Labia majora. Auf seinem Weg durch den Leistenkanal nimmt es die gleichen Hüllen wie der Samenstrang des Mannes an. Es wird von Lymphgefäßen begleitet, die Lymphe vom Tubenwinkel am Übergang zum Uterus sammeln und sie über den Leistenkanal in die oberflächlichen Leistenlymphknoten drainieren.

Klinik

Kremasterreflex Beim Mann bilden Musculus cremaster und Fascia cremasterica die mittlere Hüllschicht um den Samenstrang. Muskel und zugehörige Faszie werden durch den Ramus genitalis des Nervus genitofemoralis innerviert (L1/L2). Eine Kontraktion des

Muskels kann über einen Reflexbogen ausgelöst werden. Entlangstreichen an der Haut im Innenseitenbereich des Oberschenkels gegenüber dem Skrotum stimuliert die sensiblen Fasern des Nervus ilioinguinalis und des Ramus femoralis des Nervus genitofemoralis. Die sensiblen Fasern treten auf Höhe L1 in das Rückenmark ein, breiten sich über mehrere Rückenmarkssegmente aus und erregen die motorischen Fasern, die im Ramus genitalis des Nervus genitofemoralis verlaufen. Der Kremasterreflex ist ein Fremdreflex mit langer Reflexzeit und ausgeprägter Ermüdbarkeit. Er ist bei Kindern deutlicher ausgeprägt und verschwindet im höheren Lebensalter oft ganz. Wie viele andere Reflexe kann auch der Kremasterreflex bei bestimmten neurologischen Störungen fehlen. Obwohl er für die Überprüfung der Rückenmarksfunktion verwendet werden kann, ist seine klinische Bedeutung begrenzt.

Leistenhernien

Eine Hernie (Eingeweidebruch) ist die zunächst nur vorübergehende Verlagerung von Organen, Organteilen (*Bruch-inhalt*) aus einer normal ausgebildeten Körperhöhle durch eine angeborene oder erworbene Lücke (*Bruchpforte*) der allgemein muskuloaponeurotischen Wand einer Körperhöhle nach außen (äußere Hernie) in eine natürlich vorgebildete oder sich erst unter der Entwicklung des Bruchs (Herniation) ausbildenden, den *Bruchsack* darstellenden Ausstülpung der Höhlenauskleidung oder aber in eine Tasche der Serosa oder ein benachbartes Höhlenkompartiment (innere Hernie).

Bei einer Leistenhernie kommt es zu einem Vorfall und Durchtritt durch eine Schwachstelle in der Regio inguinalis. Die Bruchpforte ist dabei:

- der Anulus inguinalis profundus (indirekte Leistenhernie)
- die Fossa inguinalis medialis, die direkt medial vom Anulus inguinalis profundus und von den Vasa epigastrica inferiora (in der Plica umbilicalis lateralis) liegt (direkte Leistenhernie).

Man unterscheidet demnach indirekte von direkten Leistenhernien.

Der Bruchsack wird vom Peritoneum gebildet. Bruchinhalt können Dünndarmschlingen, Dickdarmanteile oder Fettgewebe mit einem Peritonealüberzug sein; ein Bruch-inhalt muss aber nicht zwangsläufig vorkommen.

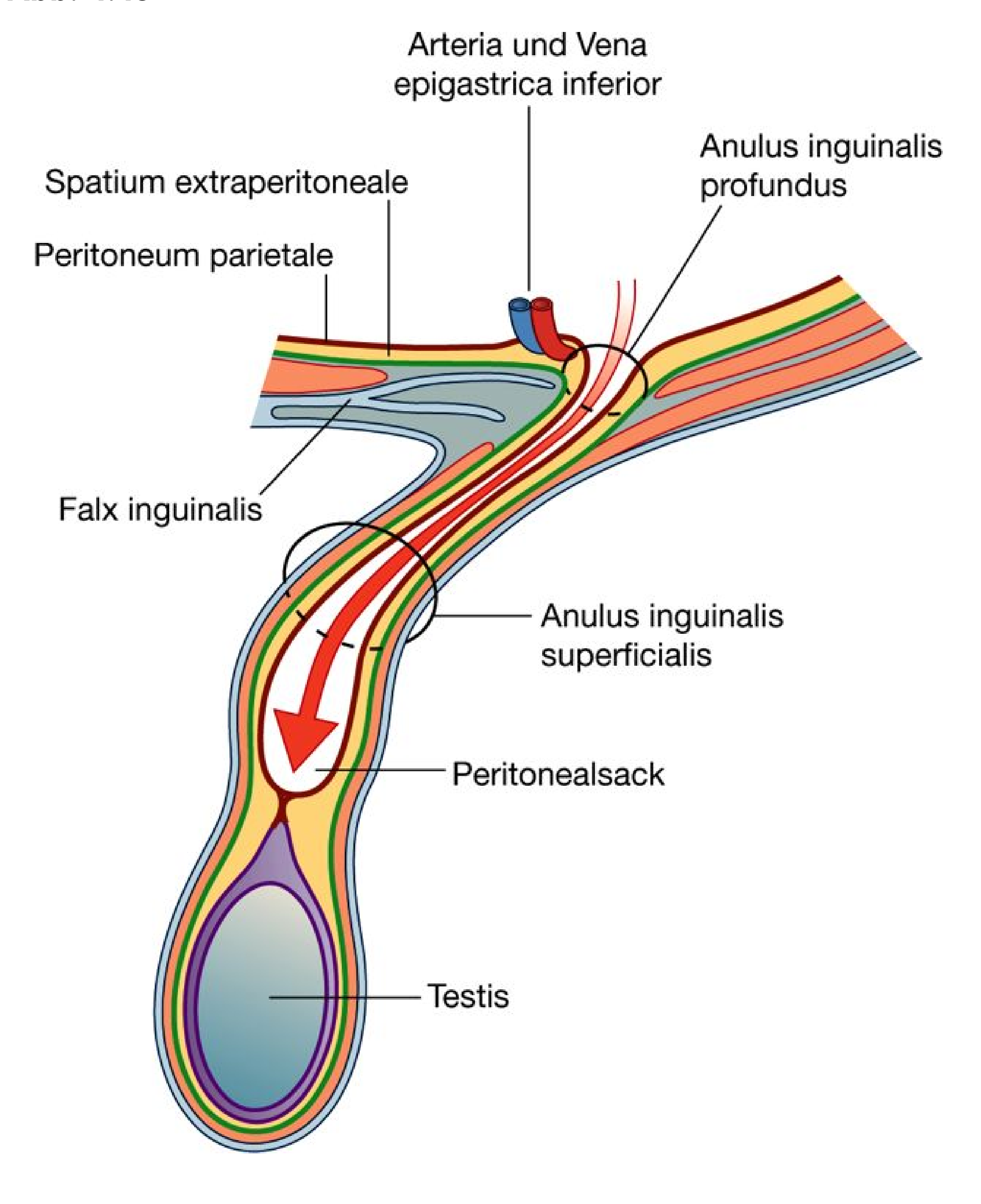
268
269

Indirekte Leistenhernie (Hernia inguinalis indirecta)

Die indirekte Leistenhernie ist die mit Abstand häufiger auftretende Form der beiden Leistenhernientypen und kommt bei Männern viel öfter vor als bei Frauen (Abb. 4.48). Sie kann angeboren (Hernia inguinalis congenita) oder erworben (Hernia inguinalis acquisita) sein. Bei der angeborenen Form ist der embryonale Processus vaginalis peritonei zum Teil oder vollständig offen geblieben und nicht obliteriert. Bei der Bauchpresse wird die Peritonealtasche erweitert, und Bauchhöhleninhalt kann durch die Bruchpforte in den Bruchsack gleiten.

Bei der erworbenen Form ist die Bruchpforte ebenfalls der Anulus inguinalis profundus in der Fossa inguinalis lateralis. Sie kommt vornehmlich bei Erwachsenen vor (Übergewicht mit hohem intraabdominellem Druck; Bindegewebsschwäche der Regio inguinalis mit zunehmendem Alter). Sie wird als Kanalhernie bezeichnet, weil der Bruchsack (Peritoneum parietale) durch den Leistenkanal vorgestülpt wird. Der sich vorschiebende Peritonealsack kann sich durch die volle Länge des Leistenkanals vorschieben, am äußeren Leistenring austreten und seinen Weg beim Mann bis in das Skrotum oder bei der Frau bis in die Labia majora fortsetzen.

Abb. 4.48



Indirekte Leistenhernie.

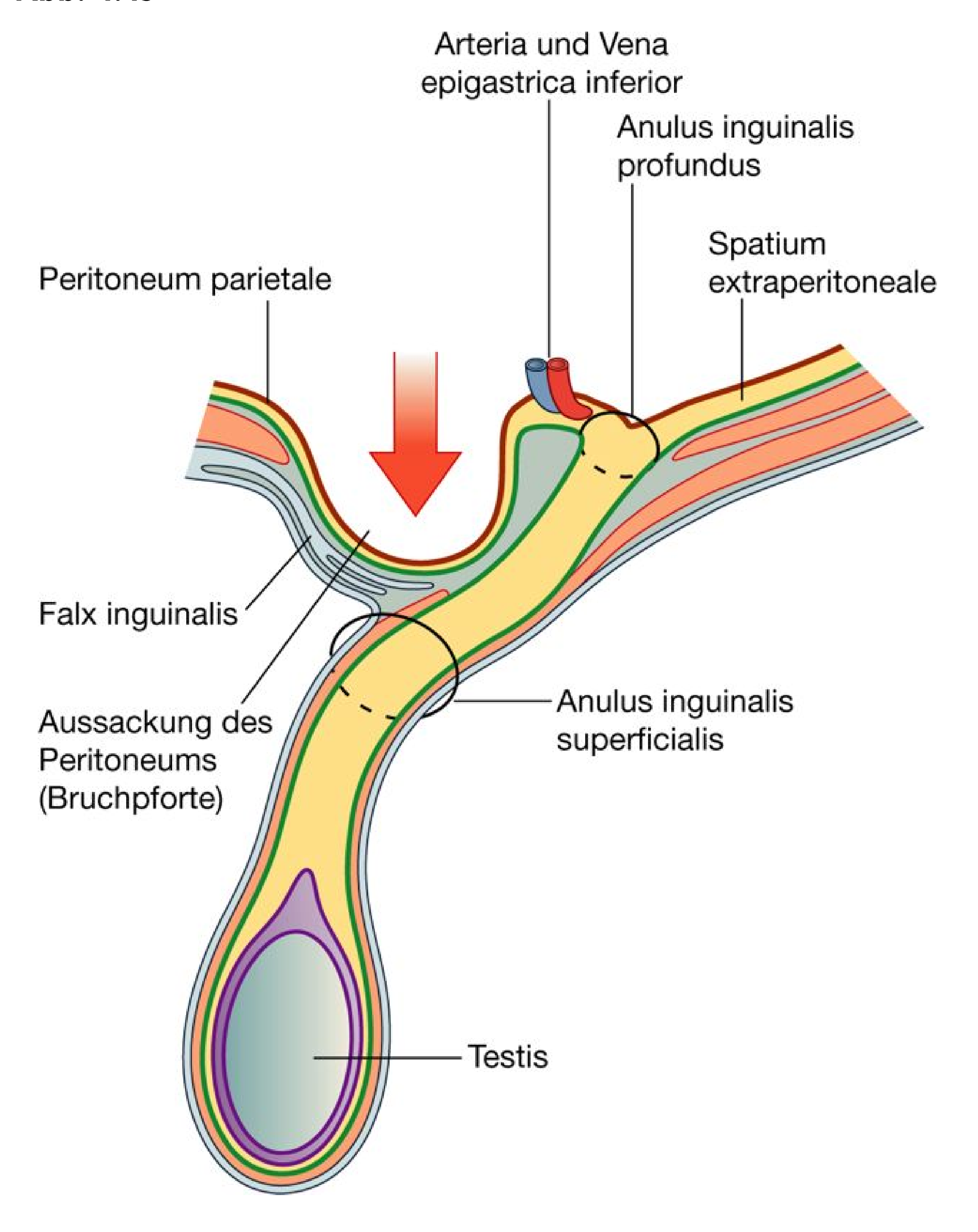
Direkte Leistenhernien (Hernia inguinalis directa)

Werden das Peritoneum und die darunterliegende Fascia transversalis durch die Fossa inguinalis medialis (medial der Vasa epigastrica inferiora) vorgestülpt, kommt es zur Ausbildung einer **direkten Leistenhernie** (Abb. 4.49). Dabei handelt es sich um eine erworbene Hernie, die sich entlang einer Schwachstelle in der vorderen Bauchwand entwickelt und meist bei erwachsenen Männern auftritt. Die Vorwölbung entsteht medial der Arteria und Vena epigastrica inferior in der **Fossa inguinalis medialis (Trigonum inguinale; Hesselbach-Dreieck)**, das wie folgt begrenzt wird:

- lateral durch die Arteria epigastrica inferior
- medial durch einen Sehnenbogen des Musculus transversus abdominis (Transversussehnenbogen; Tendo conjunctivus) in direkter Nachbarschaft zum lateral davon liegenden Musculus rectus abdominis
- kaudal durch das Ligamentum inguinale (Abb. 4.50).

Die direkte Leistenhernie durchquert nicht den gesamten Leistenkanal, tritt aber bei entsprechender Größe durch den äußeren Leistenring aus und kann sich, vergleichbar einer indirekten Leistenhernie, bis in das Skrotum erstrecken. Der Bruchsack besteht bei der direkten Leistenhernie aus Peritoneum parietale und Fascia transversalis.

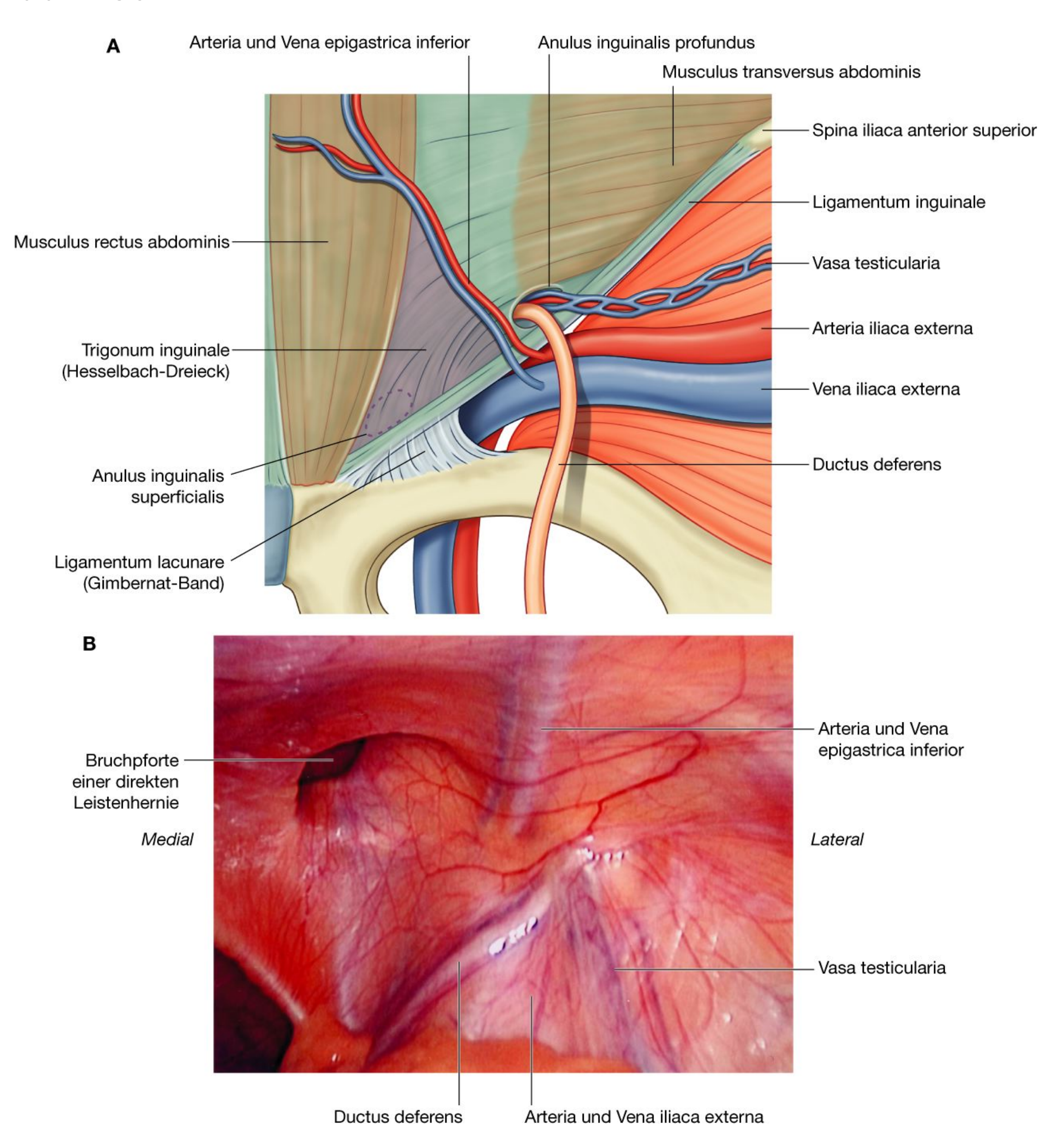
Abb. 4.49



Direkte Leistenhernie.

269

Abb. 4.50



Trigonum inguinale dextrum. **A**. Ansicht von innen. **B**. Laparoskopische Ansicht des noch vom Peritoneum parietale bedeckten Gebiets.

Klinik

Raumfordernde Prozesse in der Leistengegend

Im Bereich der Leiste treffen verschiedene anatomische Strukturen aufeinander. Eine sorgfältige Untersuchung sowie gute anatomische Kenntnisse erlauben die Bestimmung der anatomischen Strukturen, aus denen pathologische Veränderungen hervorgehen können, und führen somit meist zur Diagnose. Die häufigsten Raumforderungen im Bereich der Leiste sind Leistenhernien.

Ein wesentlicher Punkt bei der Untersuchung der Leiste ist die Bestimmung der Lage des Leistenbandes. Das Leistenband verläuft von der lateral liegenden Spina iliaca anterior superior nach medial zum Tuberculum pubicum. Leistenhernien treten oberhalb des Leistenbandes auf und sind am stehenden Patienten deutlicher erkennbar. Die Inspektion der Leistenregion kann durch eine Vorwölbung oberhalb des Leistenbandes schon einen Hinweis auf das Vorliegen einer Leistenhernie erbringen.

Beim Mann kann der äußere Leistenring nach Hochschlagen des Skrotums mit dem Zeigefinger oder dem kleinen Finger palpiert werden. Größere Leistenhernien sind bereits im Skrotum tastbar; kleinere Leistenhernien lassen sich oftmals diagnostizieren, indem der Patient bei palpierendem Finger aufgefordert wird zu husten. Dabei wird der abdominelle Druck gesteigert, und der Bruchinhalt wölbt den Bruchsack kaudalwärts auf den tastenden Finger vor.

Ferner sollte getestet werden, ob eine tastbare Vorwölbung reponierbar (zurückverlagerbar) ist, indem man leichten, aber stetigen Druck auf die Vorwölbung ausübt. Ist eine Rückverlagerung möglich, sollte anschließend die tastende Hand zurückgezogen werden, worauf sich nach sorgfältiger Untersuchung die Rückkehr der Raumforderung feststellen lässt.

In der Leiste ist die Lage der abnormen Raumforderung in Bezug auf das Tuberculum pubicum von großer Bedeutung; ebenso sollte das Vorliegen einer erhöhten Körpertemperatur überprüft und nach Schmerzen gefragt werden, die frühe Anzeichen einer Einklemmung (Inkarzeration) oder Entzündung sein können.

Als allgemeine Regel gilt, dass

- eine Leistenhernie am äußeren Leistenring oberhalb des Tuberculum pubicum und der Crista pubica erscheint
- eine Schenkelhernie (siehe unten) durch den Schenkelkanal unterhalb und lateral des Tuberculum pubicum hervortritt.

Leistenhernien

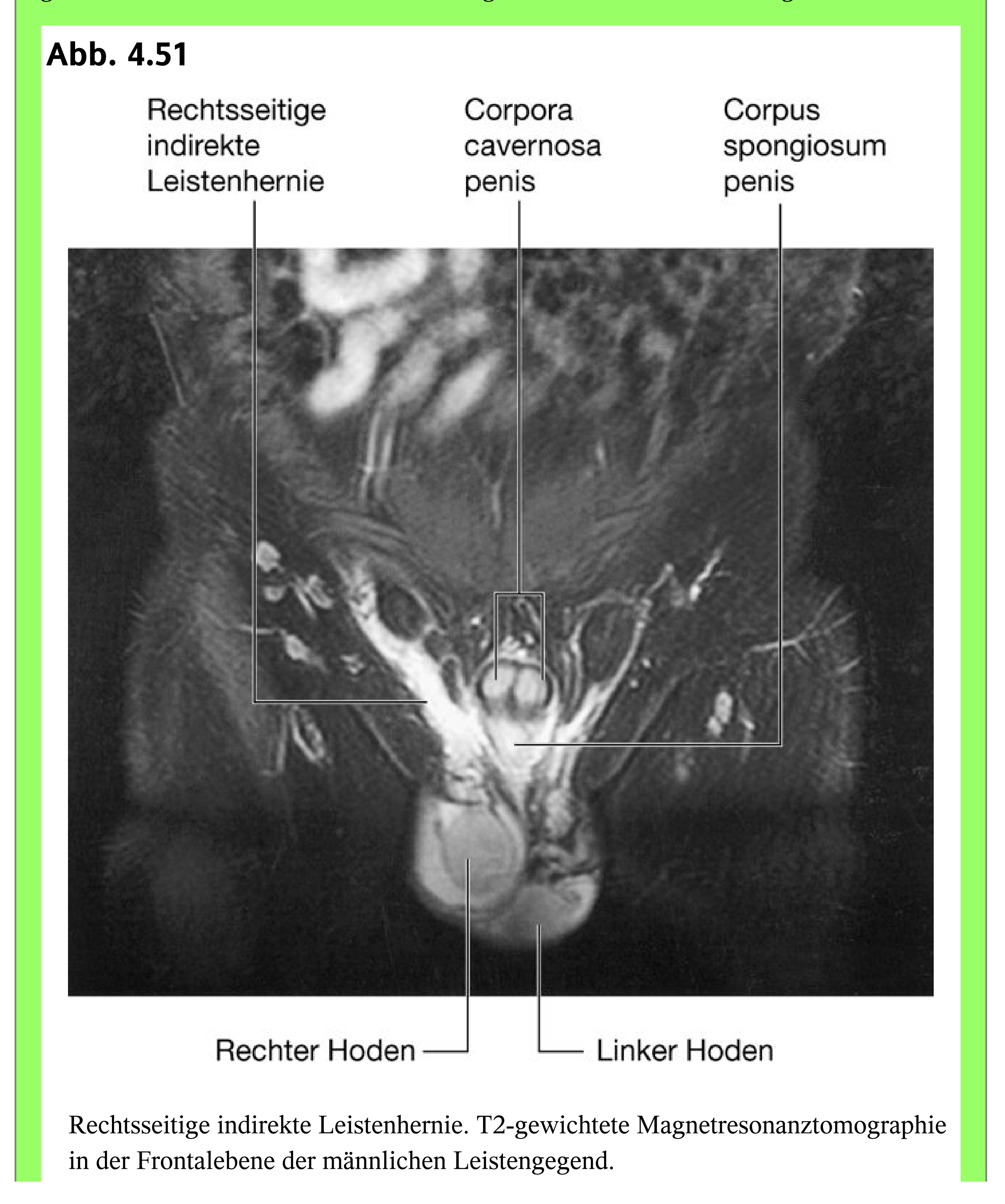
Hernien können in zahlreichen Gebieten entstehen. Am häufigsten ist die Leistengegend der unteren vorderen Bauchwand betroffen. Bei manchen Patienten bestehen Leistenhernien von Geburt an (kongenital) und werden durch eine persistierende Öffnung des Processus vaginalis und den Durchtritt von Eingeweiden durch den Leistenkanal hervorgerufen. Erworbene Hernien entstehen bei älteren Patienten. Zu den Ursachen gehören dabei erhöhter intraabdomineller Druck (z. B. als Folge andauernden Hustens bei Lungenerkrankung), Schädigung der Nerven der vorderen Bauchwand (z. B. infolge chirurgischer Bauchschnitte) und Schwächungen der Wände des Leistenkanals.

Eine mögliche Komplikation von Hernien ist die Einklemmung von Darmabschnitten oder Fettgewebe im Bruchsack. Dabei kann es zu starken Schmerzen und zur Verlegung des Darms kommen, was eine dringliche Operationsindikation darstellt. Eine weitere

potenzielle Komplikation ist die **Einklemmung** einer Hernie. Dabei wird die Blutversorgung zu dem Darmabschnitt am Hernienhals abgeschnitten. Ischämie und Nekrose der Darmschlinge können in der Folge zu deren Perforation führen.

Der Bruchsack einer **indirekten Leistenhernie** tritt in den inneren Leistenring ein und durchquert den Leistenkanal. Ist die Hernie groß genug, kann der Herniensack durch den äußeren Leistenring austreten. Beim Mann kann eine solche Hernie bis in das Skrotum reichen (Abb. 4.51). Der Bruchsack einer **direkten Leistenhernie** schiebt sich durch die Hinterwand des Leistenkanals unmittelbar dorsal des äußeren Leistenrings vor. Die Hernie bahnt sich medial der Arteria und Vena epigastrica inferior durch das Trigonum inguinale und durch den äußeren Leistenring direkt nach vorn ihren Weg.

Abb. 4.51



Rechtsseitige indirekte Leistenhernie. T2-gewichtete Magnetresonanztomographie in der Frontalebene der männlichen Leistengegend.

Die Differenzierung zwischen indirekter und direkter Leistenhernie erfolgt während der Operation durch die Identifikation von Arteria und Vena epigastrica inferior am medialen Rand des inneren Leistenrings:

- Der Bruchsack einer indirekten Hernie schiebt sich lateral der Arteria und Vena epigastrica vor.
- Eine direkte Leistenhernie befindet sich medial der Arteria und Vena epigastrica inferior.

Leistenhernien treten beim Mann häufiger als bei der Frau auf, da Männer einen deutlich größeren Leistenkanal besitzen als Frauen.

Schenkelhernie

Eine **Schenkelhernie** bewegt sich durch den Schenkelkanal (Canalis femoralis) in den medialen Abschnitt des Oberschenkels. Der Bruchkanal befindet sich am medialen Rand der Lacuna vasorum (begrenzt von Ligamentum inguinale oben, Ramus pubicus unten und dem bindegewebigen Arcus iliopectineus lateral), durch die Arteria femoralis, Vena femoralis, Ramus femoralis des Nervus genitofemoralis sowie Lymphgefäße hindurchtreten und in der der Rosenmüller-Lymphknoten (gehört zu den Nodi lymphoidei inguinales profundi) liegt. Der Hals des Schenkelkanals ist sehr eng und daher prädestiniert, Darmschlingen im Inneren des Bruchsacks einzuklemmen und eine Darmschlingenstrangulation hervorzurufen. Schenkelhernien sind normalerweise erworben und nicht angeboren. Sie treten bevorzugt bei Patienten mittleren und höheren Alters auf. Zudem kommen sie häufiger bei Frauen vor, da diese im Allgemeinen ein breiteres Becken besitzen.

Nabelhernien

Nabelhernien sind selten. Gelegentlich sind sie angeboren und entstehen beim Neugeborenen im Bereich der noch nicht ausgebildeten Nabelpapille oder aufgrund einer in der Entwicklung unterbliebenen Rückkehr des Dünndarms aus der Nabelschnur in das Innere der Bauchhöhle (angeborener Nabelschnurbruch, Omphalozele – ist eine Hemmungsfehlbildung). Im Allgemeinen verschließen sich die meisten dieser Hernien innerhalb des 1. Lebensjahrs. Daher wird eine operative Versorgung oftmals auch erst später durchgeführt. Beim Erwachsenen kommen Nabelhernien durch Dehiszenz des Bindegewebes der Nabelpapille aufgrund starker Bauchwandüberdehnung vor (adipöse Personen, Schwangerschaft). Bruchpforte bei der Umbilikalhernie ist der Nabelring.

Paraumbilikale Hernien können beim Erwachsenen am Nabel und dessen Umgebung auftreten und besitzen oftmals kleine Bruchpforten. Daher ist meist eine operative Behandlung erforderlich.

Narbenhernien

Narbenhernien treten bei Defekt einer Narbe einer vorangegangenen Bauchoperation auf. Für gewöhnlich sind die Bruchpforten dieser Hernien breit und bewirken daher keine Einklemmung des Bruchinhalts.

Weitere Hernien

Eine seltene Hernie ist die **Spieghel-Hernie (Hernia lineae semilunaris)**, eine Bauchwandhernie im Bereich der Spieghel-Linie (Linea semilunaris) am Übergang der schrägen Bauchmuskeln in ihre Aponeurosen. Meist tritt die Hernie an der Kreuzungstelle von Linea arcuata und Linea semilunaris auf.

Die **Rektusdiastase** ist keine echte Hernie. Hierbei kommt es im Rahmen von Überdehnung bei erhöhtem intraabdominellem Druck (meist im Rahmen einer Schwangerschaft oder beim Fetthängebauch) zum Auseinanderweichen der vorderen Bauchwand im Bereich der Linea alba. Die beiden Musculi recti abdominis entfernen sich dabei voneinander. Eine Rektus-diastase kommt bei Neugeborenen physiologisch vor und bildet sich innerhalb kurzer Zeit zurück.

Hernien von Bauch- und Beckenhöhle können sich zudem im Bereich der Wände und an bestimmten Stellen des Beckens entwickeln, z. B. am Canalis obturatorius (Obturatoriushernie), am Foramen ischiadicum majus sowie ober- und unterhalb des Musculus piriformis.

An der dorsalen Rumpfwand können sie selten:

- als Grynfelt-Hernie durch das Trigonum lumbale fibrosum (Grynfelt-Dreieck; begrenzt von Musculus serratus posterior inferior, Musculus obliquus internus abdominis, Musculus obliquus externus abdominis, Costa XII und überdeckt vom Musculus latissimus dorsi) treten
- als Petit-Hernie durch das Trigonum lumbale inferius (Petit-Dreieck; begrenzt von Musculus obliquus externus abdominis, Musculus latissiums dorsi und Crista iliaca) treten.

272

273

BAUCHORGANE

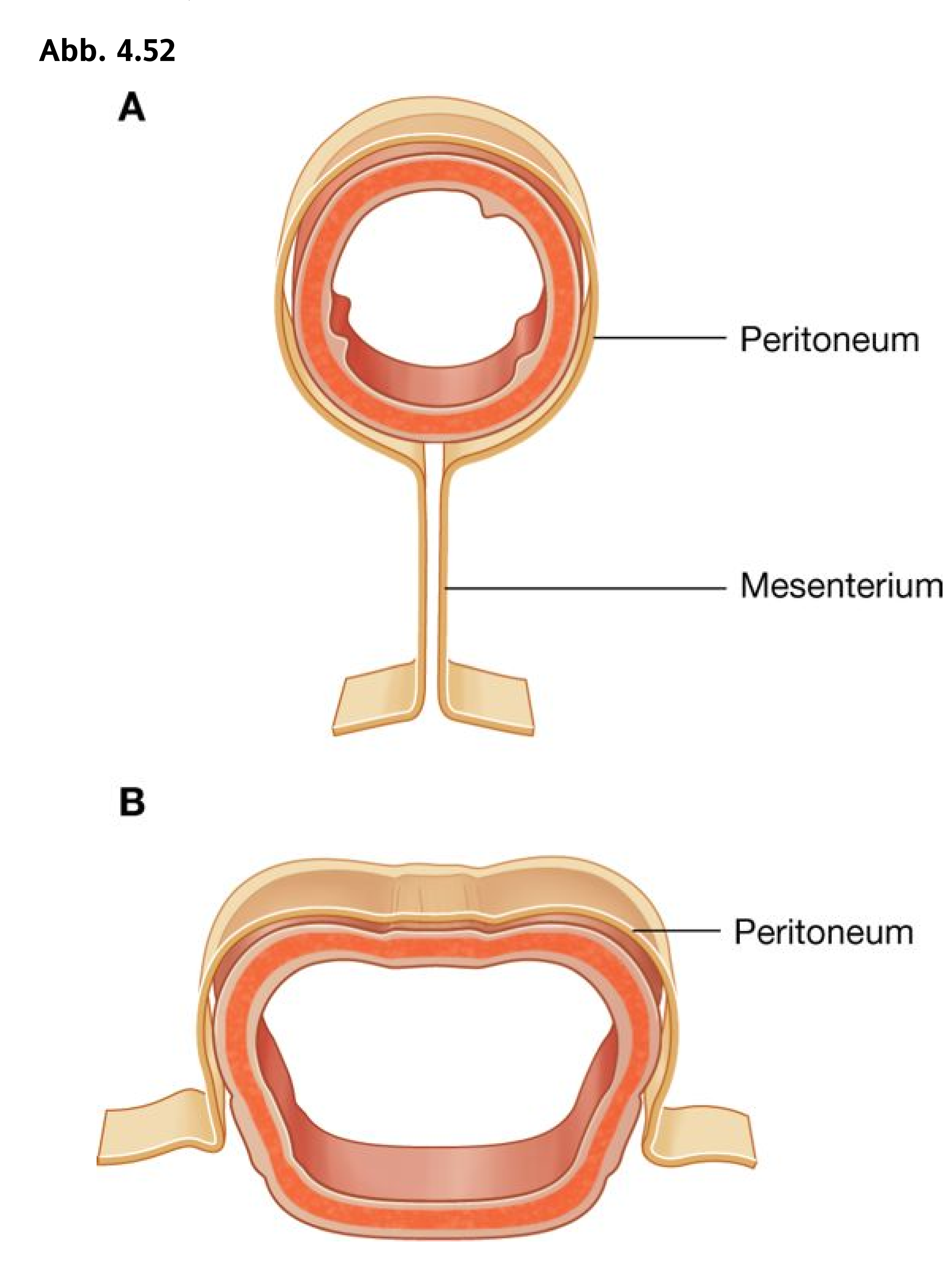
Peritoneum und Peritonealhöhle

Eine dünne Membran (das Peritoneum) kleidet die Wände der Bauchhöhle aus und bedeckt einen Großteil der Organe. Das Peritoneum parietale kleidet die äußeren Wände der Bauchhöhle aus; das Peritoneum viscerale bedeckt die Eingeweide. Zwischen Peritoneum parietale und Peritoneum viscerale befindet sich ein potenzieller Raum (die Cavitas peritonealis), in den die Tunica serosa des Peritoneums (mesothelialer Anteil von Peritoneum parietale und viscerale) den Peritonealliquor absondert. Die Baucheingeweide sind in der Bauchhöhle entweder über Abfaltungen des Peritoneums aufgehängt **(Mesenterien)** oder liegen außerhalb der Peritonealhöhle. Organe, die innerhalb der Bauchhöhle an den Mesenterien aufgehängt sind, werden als intraperitoneale Organe bezeichnet (Abb. 4.52). Organe, die außerhalb der

Peritonealhöhle liegen oder bei denen nur eine Oberfläche oder ein Teil einer Oberfläche von Peritoneum bedeckt ist, besitzen eine retroperitoneale Lage.

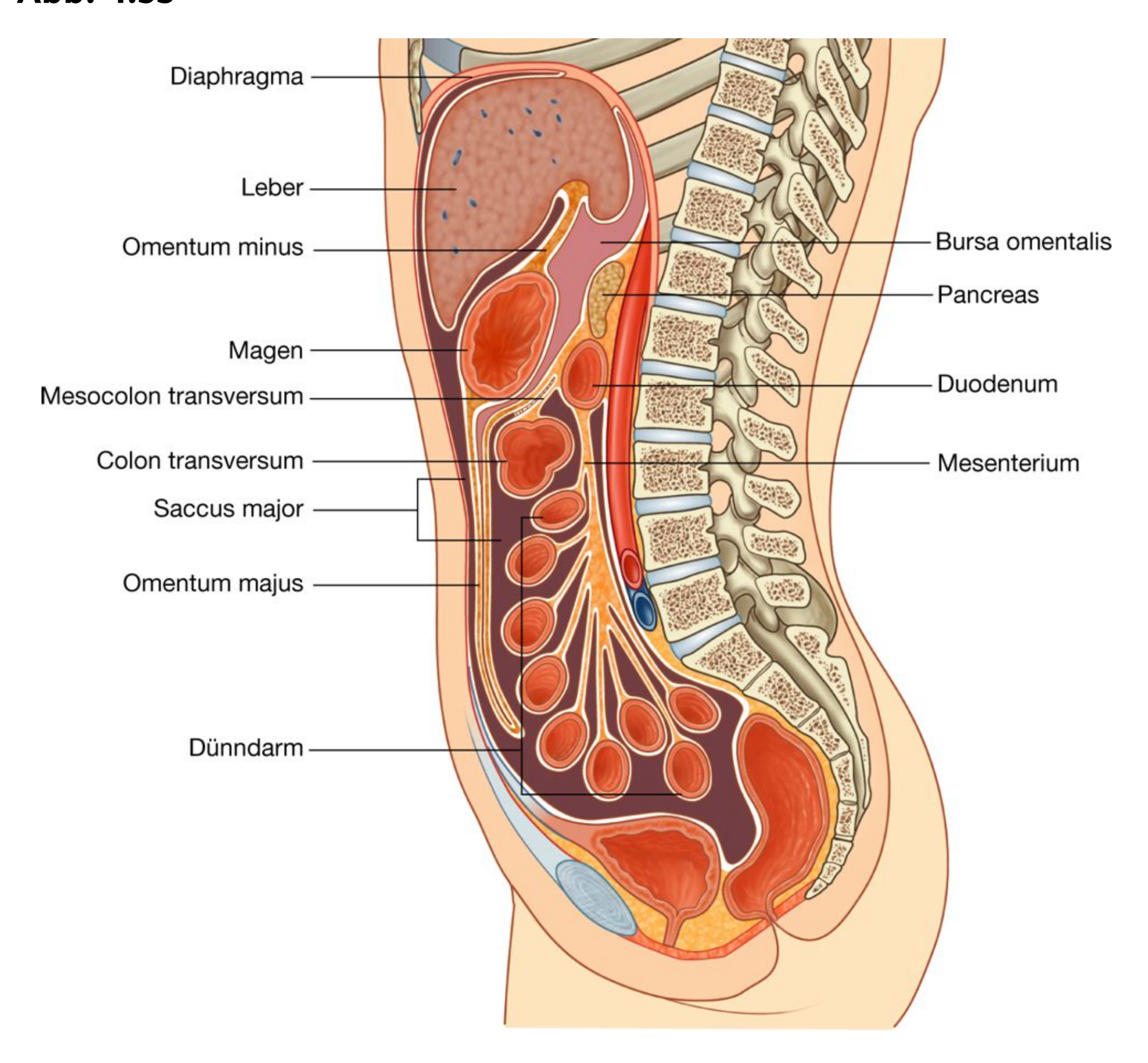
Die Peritonealhöhle wird weiter unterteilt in den Saccus major und die Bursa omentalis (Saccus minor; Abb. 4.53):

Abb. 4.52



A. Intraperitoneal. **B**. Retroperitoneal.

Abb. 4.53

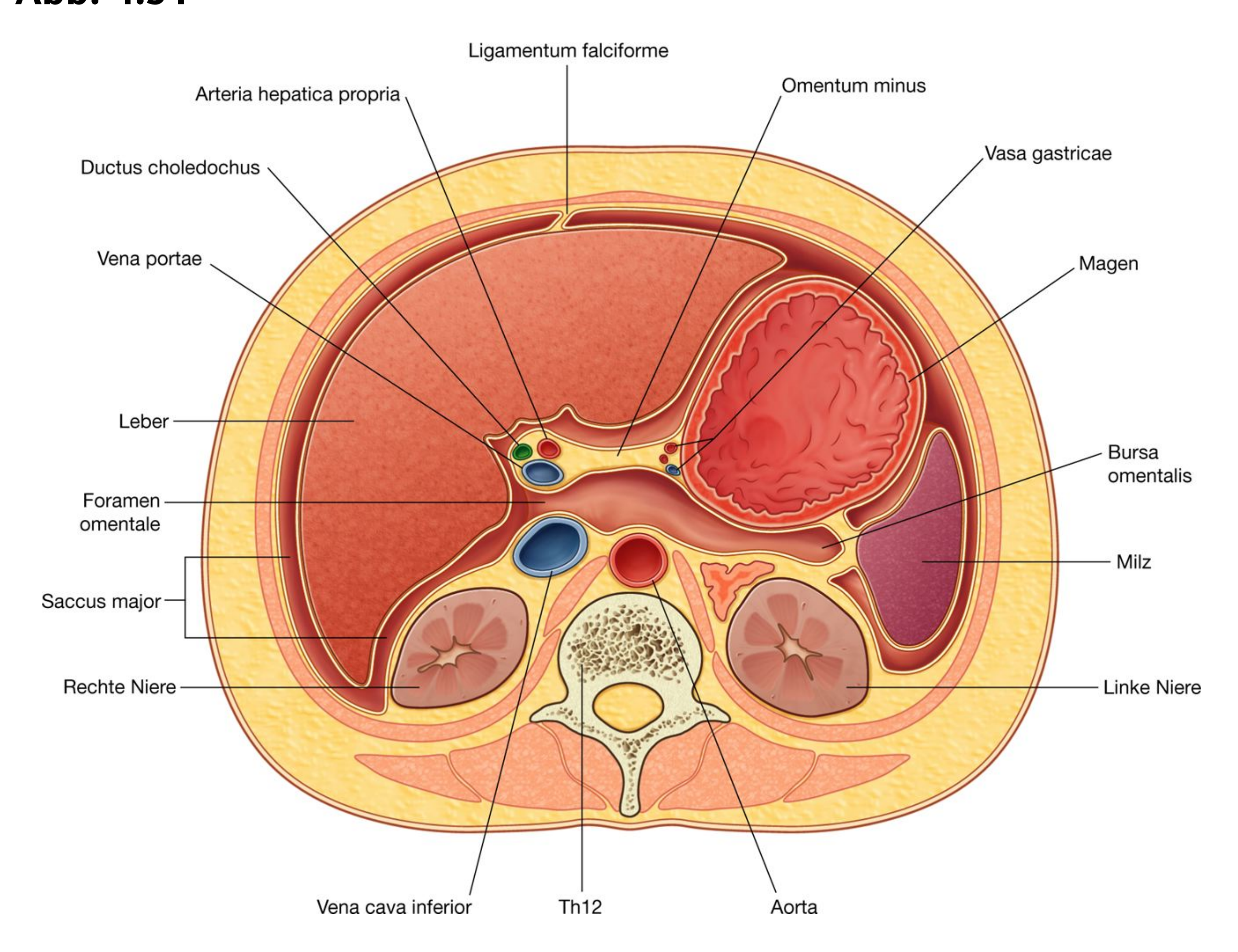


Saccus major und Saccus minor (Bursa omentalis) der Cavitas peritonealis.

273
274

- Der Saccus major macht den Großteil der Peritonealhöhle aus und reicht kranial bis zum Diaphragma, kaudal bis in die Beckenhöhle – man gelangt in den Saccus major, sobald das Peritoneum parietale penetriert wird.
- Die Bursa omentalis ist ein kleinerer Abschnitt der Peritonealhöhle, die sich dorsal von Magen und Leber befindet und über eine Öffnung, das Foramen omentale, mit dem Saccus major verbunden ist (Abb. 4.54). Das Foramen omentale ist von verschiedenen mit Peritoneum bedeckten Strukturen umgeben. Vorn befinden sich Vena portae, Arteria hepatica propria und Ductus choledochus im kleinen Netz (Omentum minus); dorsal liegt die Vena cava inferior, kranial der Lobus caudatus der Leber und kaudal der Anfangsteil des Duodenums.

Abb. 4.54



Querschnitt, der die Verbindung zwischen Saccus major und Bursa omentalis über das Foramen epiploicum darstellt.

274

275

Klinik

Peritoneum

Eine kleine Menge an Peritonealflüssigkeit innerhalb der Peritonealhöhle ermöglicht das reibungslose Aneinandergleiten der in der Bauchhöhle befestigten Organe.

Der Peritonealraum besitzt eine große Oberfläche, die die Ausbreitung von Erkrankungen über die Peritonealhöhle und auf die Eingeweideoberflächen erleichtert. Andererseits nutzt man die große Oberfläche bei der Durchführung bestimmter Therapieverfahren.

Ventrikuloperitoneale Shunts

Bei Patienten, die an einem obstruktiven Hydrozephalus leiden (innere und äußere Liquorräume sind voneinander getrennt, der Liquor cerebrospinalis kann nicht in die äußeren Liquorräume abfließen), müssen die inneren Liquorräume dauerhaft drainiert werden. Dazu wird ein kleinlumiger Katheter durch die Schädeldecke und das Hirnparenchym von oben in einem Seitenventrikel des Gehirns platziert (die partielle Schädigung von Hirngewebe nimmt man dabei in Kauf – ohne Theapie würde wesentlich mehr zerstört). Der extrakranielle Anteil

des Katheters wird subkutan unter der Kopfhaut, der Haut des Halses, der Haut über der Brustwand bis zum kranialen Abschnitt des Bauchraums geführt und hier durch die Bauchwand in die Bauchhöhle eingebracht. Somit besteht eine direkte Verbindung zwischen innerem Liquorraum und Bauchhöhle. Der Liquor cerebrospinalis fließt jetzt durch den Katheter in die Bauchhöhle ab, wird hier vom Peritoneum resorbiert und gelangt in das Blut.

Dialyse und Peritonealdialyse

Menschen mit einer Niereninsuffizienz sind auf eine Dialyse angewiesen, um zu überleben. Dafür gibt es zwei Verfahren.

Im Rahmen des ersten Verfahrens **(Hämodialyse)** wird dem Kreislauf Blut entnommen, an einer komplexen künstlichen Membran dialysiert (Dialysemaschine) und anschließend dem Körper wieder zugeführt. Hierbei ist eine hohe Blutflussrate erforderlich, um überschüssige Körperflüssigkeit auszuleiten, Elektrolyte auszutauschen und toxische Stoffwechselprodukte zu entfernen. Für den Vorgang, der regelmäßig mehrmals wöchentlich erfolgen muss, wird entweder operativ eine arteriovenöse Fistel erzeugt (durch Verbindung einer Arterie mit einer Vene, normalerweise in der oberen Extremität), oder es wird eine großlumige Kanüle in den rechten Herzvorhof eingeführt, durch die Blut angesaugt und rückgeführt werden kann. Bei Anlage einer Fistel muss diese zunächst etwa 6 Wochen „reifen“, um eine entsprechende Größe zu erlangen. Im Anschluss daran kann sie jedes Mal punktiert werden, wenn der Patient zur Dialyse erscheint.

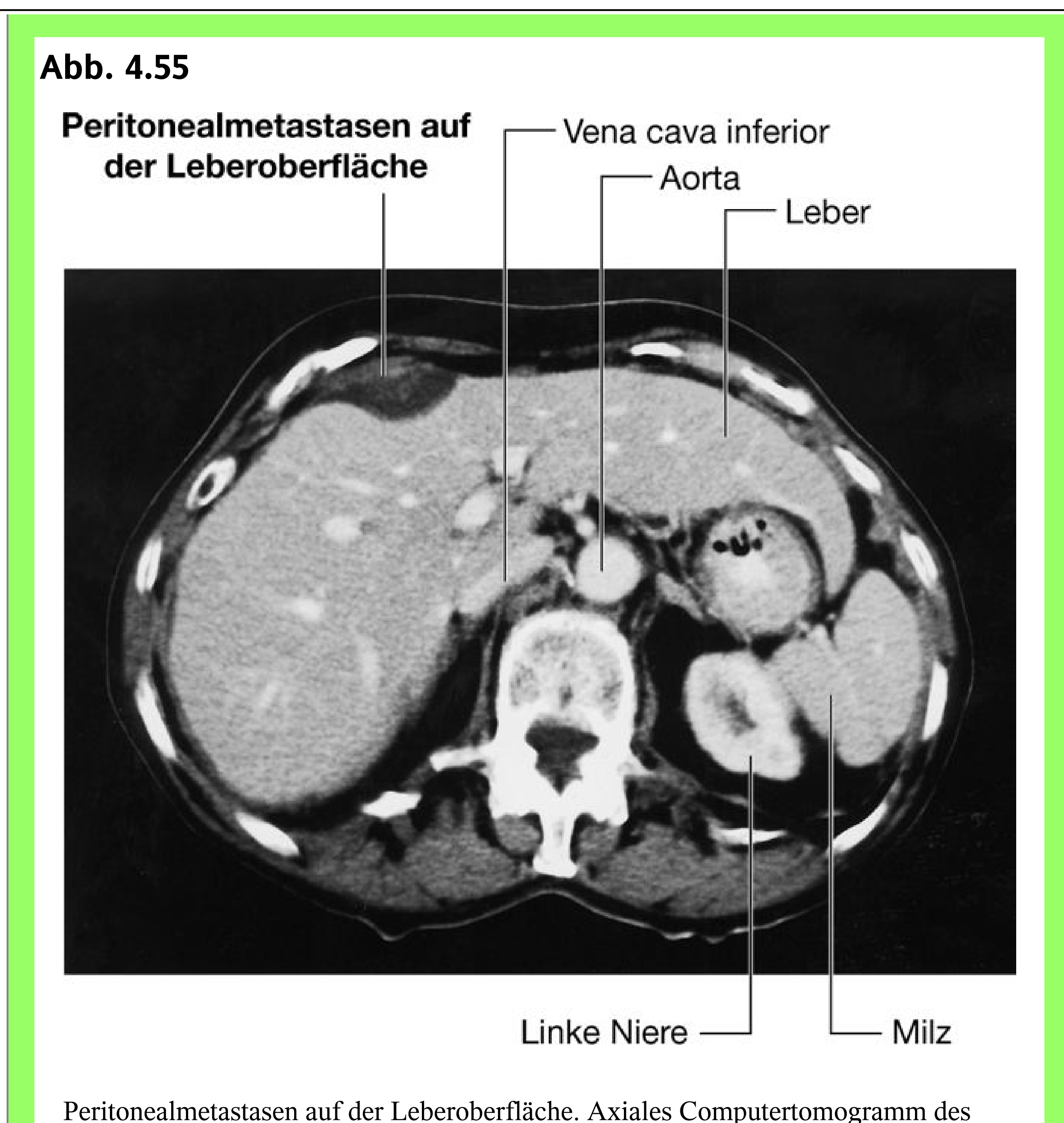
Beim zweiten Verfahren wird das Peritoneum als Dialysemembran verwendet. Die große Oberfläche der Peritonealhöhle ist eine ideale Membran zum Flüssigkeits- und Elektrolytaustausch. Zur Dialyse wird ein kleiner Schlauch durch die Bauchwand eingeführt, durch den die Dialyseflüssigkeit in die Peritonealhöhle injiziert wird. Elektrolyte und Moleküle werden zwischen Flüssigkeit und Blut über das Peritoneum ausgetauscht. Nach Vollendung der Dialyse wird die Flüssigkeit abgesaugt.

Ausbreitung von Erkrankungen über das Peritoneum

Durch die große Oberfläche der Peritonealhöhle können sich leicht Entzündungen und maligne Erkrankungen ausbreiten (Abb. 4.55). Gelangen maligne Zellen direkt (z. B. von einem Kolon- oder Ovarialkarzinom) in die Peritonealhöhle, ist eine rasche Ausbreitung möglich. Ebenso kann ein Operateur, der einen malignen Tumor entfernt und dabei maligne Zellen in die Peritonealhöhle verschleppt, die Prognose des Patienten erheblich verschlechtern. Entzündungen können sich ebenfalls rasch über die große Oberfläche ausbreiten.

275
276

Abb. 4.55



Peritonealmetastasen auf der Leberoberfläche. Axiales Computertomogramm des Oberbauchs.

Daneben wirkt die Peritonealhöhle auch als Barriere gegen Erkrankungen und kann Ort einer Krankheit sein. Daher verbleiben intraabdominelle Erkrankungen meist unterhalb des Zwerchfells und dehnen sich nicht in andere Körperhöhlen (Brustraum, Retroperitoneum) aus.

Bei einer Darmperforation (z. B. bei Perforation eines Duodenalulkus) gelangen oft Gase in die Peritonealhöhle, die in der Bauchhöhle auf einer Röntgenaufnahme des Thorax im aufrechten Stand gut erkennbar sind. Gas kann in kleinsten Mengen unterhalb des Zwerchfells dargestellt werden. Bei einem Patienten mit erheblichen abdominellen Schmerzen und subdiaphragmatischer Gasansammlung ist eine Laparotomie indiziert.

Omenta, Mesenterien und Bänder

In der gesamten Peritonealhöhle stellen Peritonealfalten eine Verbindung der Organe untereinander oder zur Bauchwand her. Diese Falten (Omenta, Mesenterien und Bänder) entwickeln sich aus den ursprünglichen dorsalen und ventralen Mesenterien, durch die der entstehende Gastrointestinaltrakt im intraembryonalen Zölom aufgehängt ist. Einige enthalten Gefäße und Nerven zur Versorgung der Eingeweide; andere helfen dabei, die richtige Lage der Eingeweide zu gewährleisten.

Omenta

Die Omenta bestehen aus zwei Peritonealblättern, die vom Magen und vom Anfangsabschnitt des Duodenums aus zu anderen Eingeweiden ziehen. Man unterscheidet:

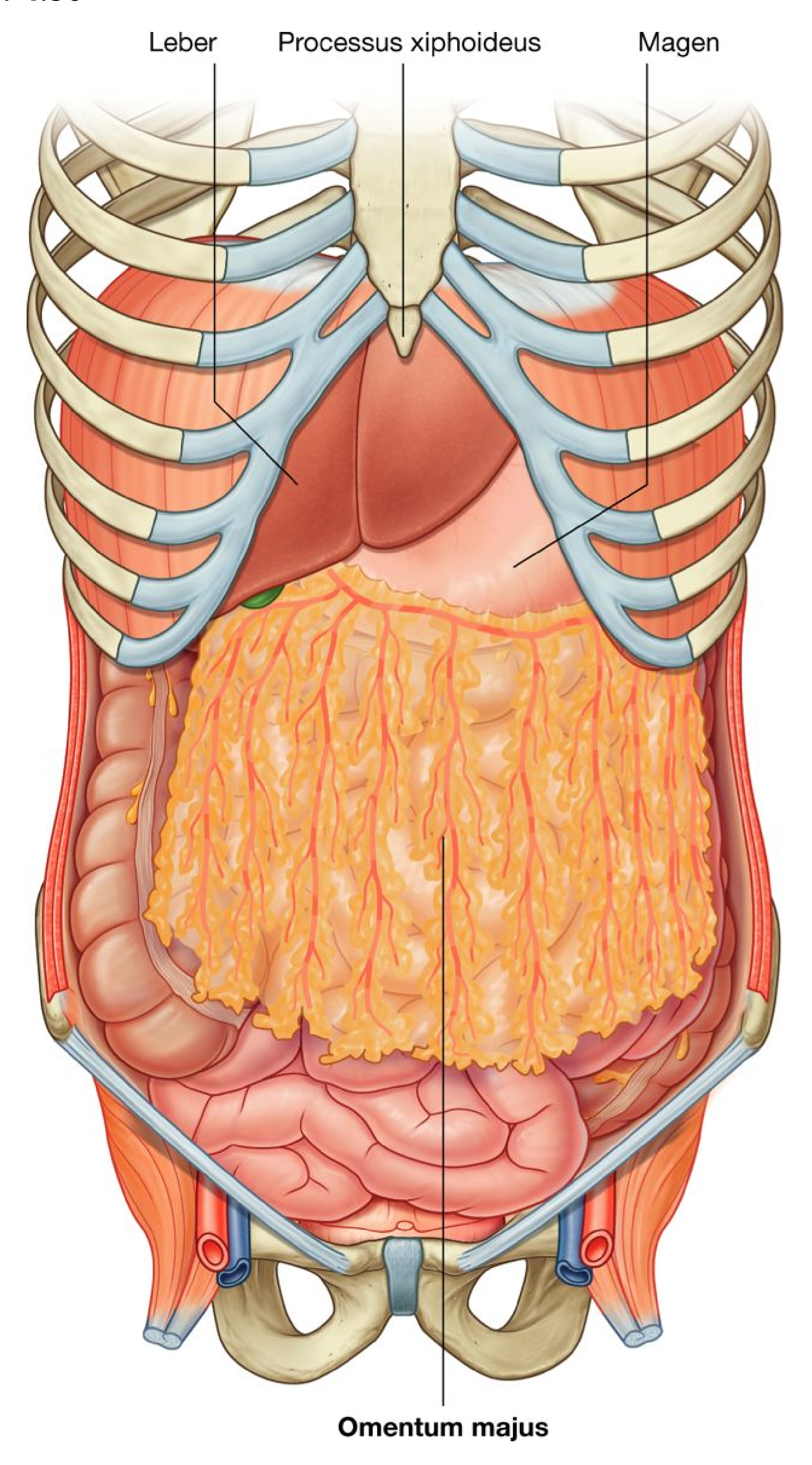
- das Omentum majus (großes Netz), das sich aus dem Mesenterium dorsale entwickelt
- das Omentum minus (kleines Netz), das sich aus dem Mesenterium ventrale entwickelt.

Omentum majus

Das **Omentum majus** ist eine große, schürzenartige Peritonealfalte, die an der großen Kurvatur des Magens und am Anfangsabschnitt des Duodenums befestigt ist (Abb. 4.56). Es hängt kaudalwärts über das Colon transversum und die Darmschlingen von Jejunum und Ileum herab (Abb. 4.53). Nachdem das große Netz nach dorsal umgeschlagen ist, steigt es rückläufig wieder auf und lagert sich dem Peritoneum auf der Oberfläche von Colon transversum und Mesocolon transversum an, ohne sich mit ihnen zu verbinden, bevor es schließlich an der hinteren Bauchwand endet.

Das Omentum majus enthält normalerweise immer Fettgewebe, das bei adipösen Menschen massiv ausgebildet sein kann. Zwischen den beiden Blättern des Omentum majus unmittelbar unterhalb der großen Kurvatur des Magens verlaufen zwei Arterien und deren Begleitvenen, die **Arteriae** und **Venae gastroomentales dextra** und **sinistra**.

Abb. 4.56



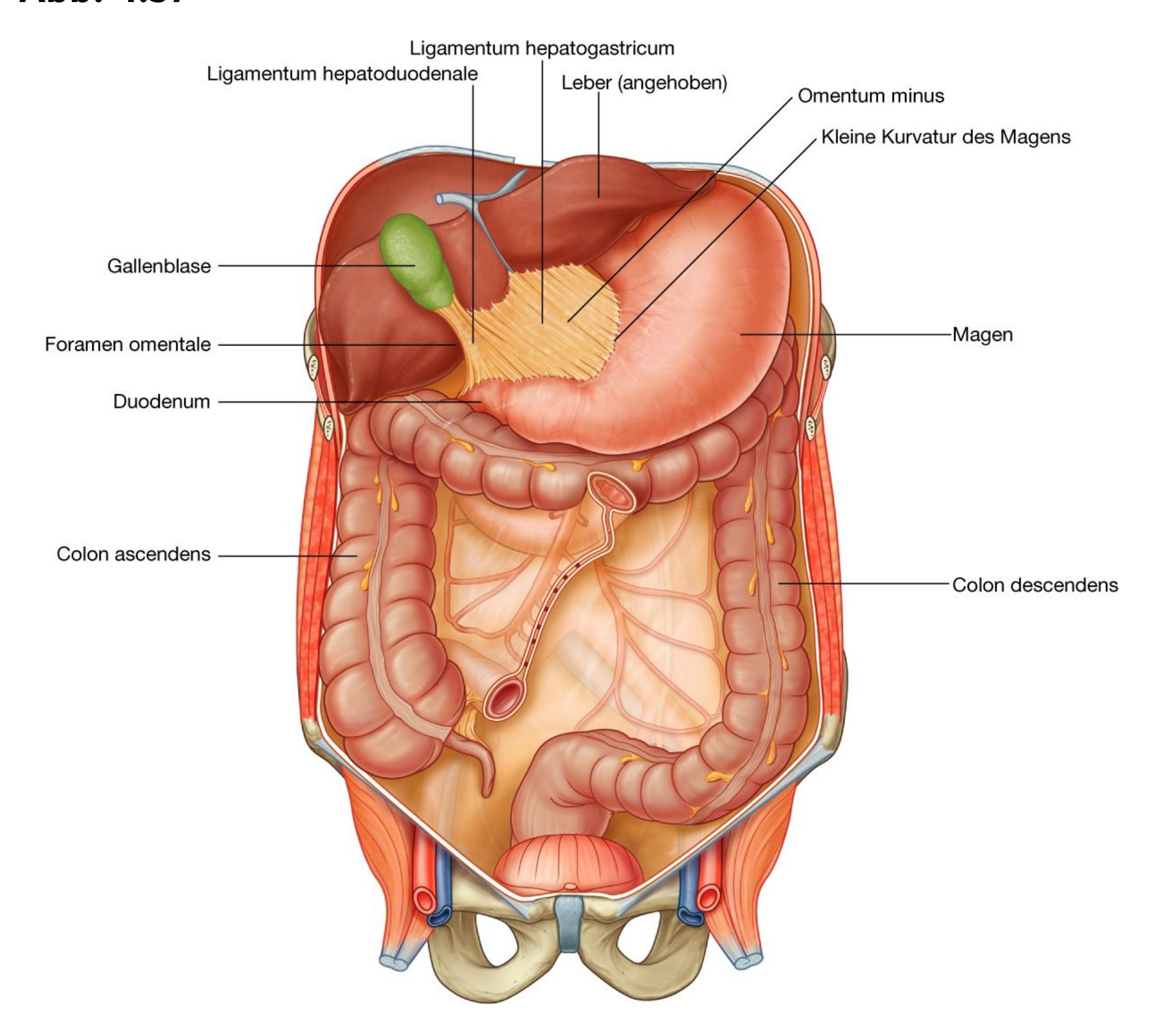
Omentum majus.

276

Omentum minus

Das andere zweischichtige Omentum des Peritoneums ist das **Omentum minus** (Abb. 4.57). Es erstreckt sich von der kleinen Magenkurvatur und vom Anfangsabschnitt des Duodenums zur Unterfläche der Leber (Abb. 4.53 und 4.57).

Abb. 4.57



Omentum minus.

Das Omentum minus ist mit der peritonealen Bedeckung auf der Vorder- und Hinterfläche des Magens und auf dem Anfangsabschnitt des Duodenums verbunden und wird unterteilt in:

- ein mediales **Ligamentum hepatogastricum**, das von der Leber zum Magen zieht
- ein laterales **Ligamentum hepatoduodenale**, das sich von der Leber zum Duodenum erstreckt.

Das Ligamentum hepatoduodenale endet lateral mit einem freien Rand und dient als vordere Begrenzung des Foramen omentale (Abb. 4.54). In diesem freien Rand verlaufen die Arteria hepatica propria, der Ductus choledochus und die Vena portae. Außerdem

verlaufen Arteriae und Venae gastricae sinistra und dextra im Bereich der kleinen Kurvatur des Magens zwischen den beiden Lagen des Omentum minus.

277

278

Klinik

Omentum majus

Bei einer Laparotomie mit Eröffnung der Peritonealhöhle stößt man als erste Struktur auf das Omentum majus. Die fettgewebs- und gefäßreiche zweilagige Membran hängt wie eine Schürze von der großen Kurvatur des Magens aus über das Colon transversum und erstreckt sich frei nach kaudal innerhalb der Bauchhöhle. Das Omentum majus wird oft als Polizist des Bauches bezeichnet, da es die Fähigkeit besitzt, zu einem entzündeten Gebiet zu „wandern“, sich um dieses zu legen und so die Entzündung „einzumauern“. Im Omentum majus kommen zahlreiche Abwehrzellen vor. Entzündet sich ein Darmabschnitt, so sistiert dessen Peristaltik. Dieser aperistaltische Abschnitt wird als lokaler paralytischer Ileus bezeichnet. Der restliche, nicht entzündete Teil des Darms setzt seine Bewegungen fort und „massiert“ das Omentum majus zu dem Gebiet, in dem keine Peristaltik besteht. Die gute Blutversorgung des Omentum majus ermöglicht die schnelle Anflutung von Abwehrzellen.

Das Omentum majus spielt bei der Ausbreitung von Tumorzellen eine wichtige Rolle. Eine direkte Ausbreitung auf transzölomischem Wege ist typisch für ein Ovarialkarzinom. Da sich die Metastasen innerhalb des Omentum majus entwickeln, verdickt es sich.

Mesenterien

Mesenterien sind wichtige Peritonealfalten, die der Befestigung der Organe an der hinteren Bauchwand dienen. Sie ermöglichen ein gewisses Bewegungsausmaß und führen Gefäße, Nerven und Lymphgefäße zu den Eingeweiden. Man unterscheidet:

- das Mesenterium – verbunden mit verschiedenen Dünndarmanteilen
- das Mesocolon transversum – verbunden mit dem Colon transversum
- das Mesocolon sigmoideum – verbunden mit dem Colon sigmoideum.

Sie alle sind Derivate des ehemaligen Mesenterium dorsale.

Mesenterium

Das **Mesenterium** ist eine große, fächerförmige und zweilagige Peritonealfalte, die Jejunum und Ileum mit der hinteren Bauchwand verbindet (Abb. 4.58). Seine obere Befestigung liegt an der Flexura duodenojejunalis, unmittelbar links vom oberen Anteil der Lumbalwirbelsäule. Das Mesenterium verläuft schräg nach unten rechts und endet am Übergang zwischen Ileum und Zäkum nahe der kranialen Grenze des rechten Iliosakralgelenks. Im Fettgewebe zwischen den beiden Peritonealblättern des

Mesenteriums befinden sich Arterien, Venen, Nerven und Lymphgefäße, die Jejunum und Ileum versorgen, innervieren und drainieren.

Mesocolon transversum

Das **Mesocolon transversum** ist eine Peritonealfalte, die das Colon transversum mit der hinteren Bauchwand verbindet (Abb. 4.58). Seine beiden Peritonealblätter verlassen die hintere Bauchwand, um über die Vorderfläche des Pankreaskopfes und körpers zu ziehen. Sie trennen sich und umgeben das Colon transversum. Zwischen beiden Peritonealblättern verlaufen Arterien, Venen, Nerven und Lymphgefäße, die zum Colon transversum gehören.

Mesocolon sigmoideum

Das **Mesocolon sigmoideum** ist eine umgekehrt V-förmige Peritonealfalte, die das Colon sigmoideum an der Bauchwand befestigt (Abb. 4.58). Die Spitze des „V“ liegt im Bereich der Aufteilung der Arteria iliaca communis sinistra in die Arteriae iliacae interna und externa; der rechte Schenkel des „V“ verläuft an der medialen Grenze des linken Musculus psoas major nach kaudal. Er erstreckt sich am Ende der Ebene des Wirbels S3 nach kaudal bis in das Becken. Arteria sigmoidea und Arteria rectalis superior sowie deren Begleitvenen ziehen gemeinsam mit den Nerven und Lymphgefäßen des Colon sigmoideum durch das Mesocolon sigmoideum.

Bänder

Peritonealbänder bestehen aus zwei Lagen Peritoneum, verbinden zwei Organe miteinander oder befestigen ein Organ an der Bauchwand und können Teil eines Omentums sein. Ihr Name leitet sich üblicherweise von den Strukturen ab, die sie verbinden. So verbindet beispielsweise das Ligamentum splenorenale die Milz mit der linken Niere; das Ligamentum gastrophrenicum erstreckt sich vom Magen zum Zwerchfell.

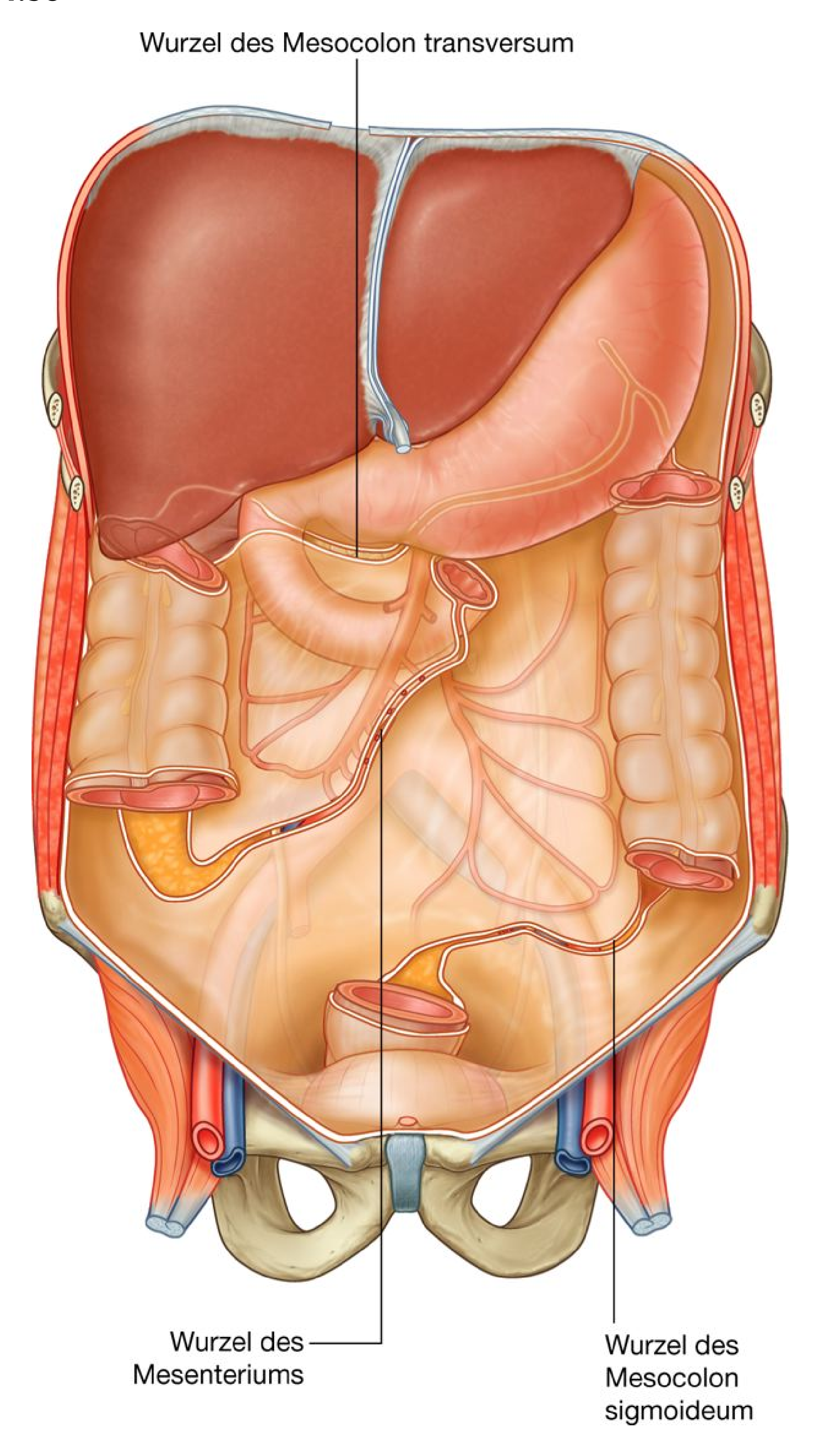
Organe

Pars abdominalis oesophagi

Die Pars abdominalis oesophagi bildet den kurzen, distalen, in der Bauchhöhle liegenden Abschnitt der Speiseröhre. Er tritt durch den rechten Zwerchfellschenkel, normalerweise auf Höhe des Wirbels Th10, und zieht etwas links von der Mittellinie vom Hiatus oesophageus zur Kardia des Magens (Abb. 4.59).

278
279

Abb. 4.58

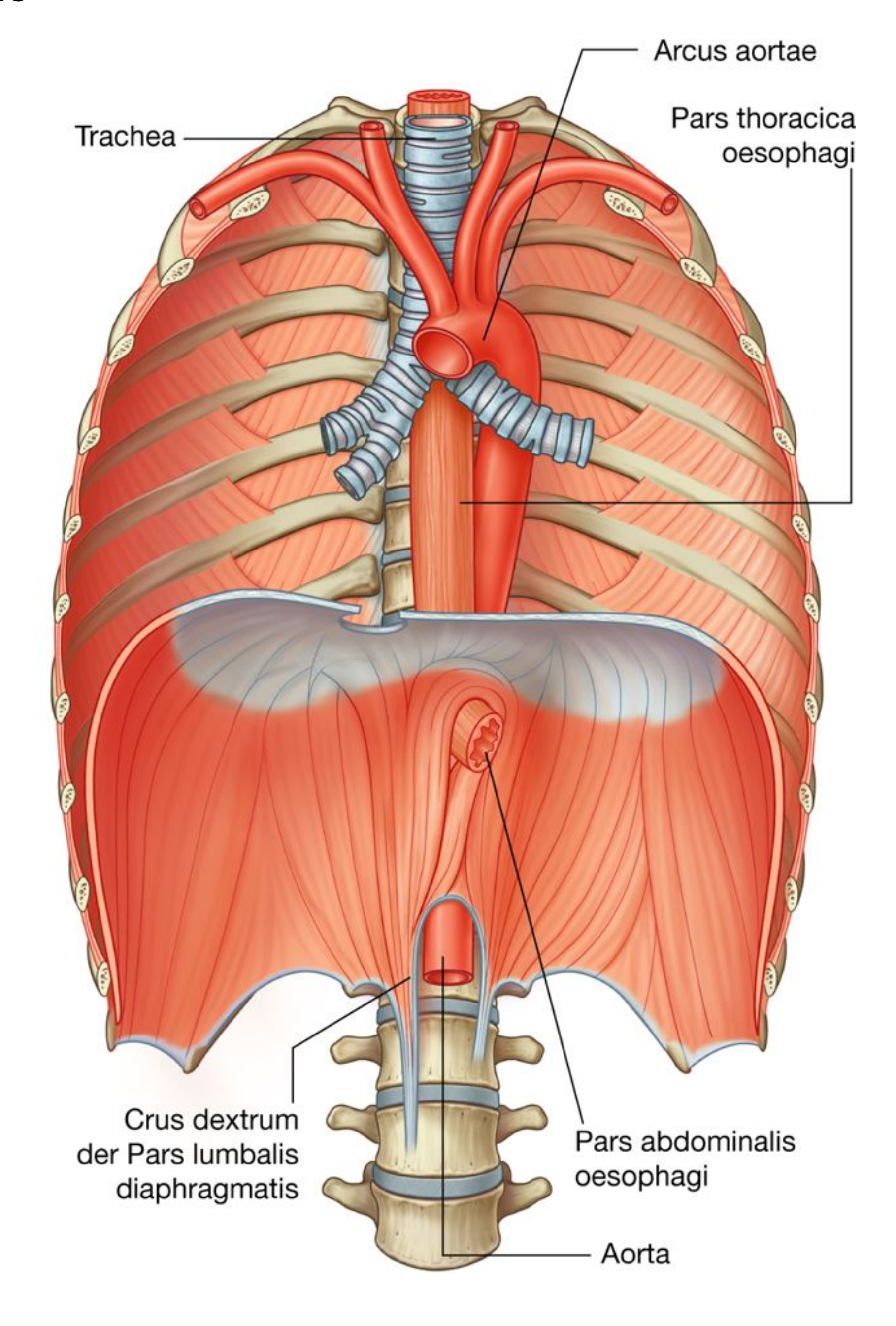


Durch Peritonealduplikaturen gebildete Mesenterien, deren Verlauf sich auf der hinteren Bauchwand darstellt.

Dem Ösophagus liegen beim Eintritt in die Bauchhöhle die Trunci vagales anterior und posterior an:

- Der **Truncus vagalis anterior** besteht aus zahlreichen kleineren Trunci, deren Fasern aus dem linken Nervus vagus stammen. Durch die Rotation des Magens während der Ontogenese verlagern sich diese Trunci auf die anteriore Oberfläche des Ösophagus.
- Der **Truncus vagalis posterior** besteht im Gegensatz dazu aus einem einzelnen Truncus, dessen Fasern hauptsächlich aus dem rechten Nervus vagus stammen. Durch die Veränderungen, die im Laufe der Entwicklung mit der Rotation einhergehen, wird der Truncus auf die Hinterfläche der Speiseröhre verlagert.

Abb. 4.59



Pars abdominalis oesophagi.

Magen

Der Magen ist der am weitesten dilatierte Abschnitt des Gastrointestinaltrakts und besitzt eine J-förmige Struktur (Abb. 4.60 und 4.61). Er erstreckt sich zwischen Pars abdominalis oesophagi und Dünndarm und liegt in den Regiones epigastrica, umbilicalis und hypochondriaca sinistra.

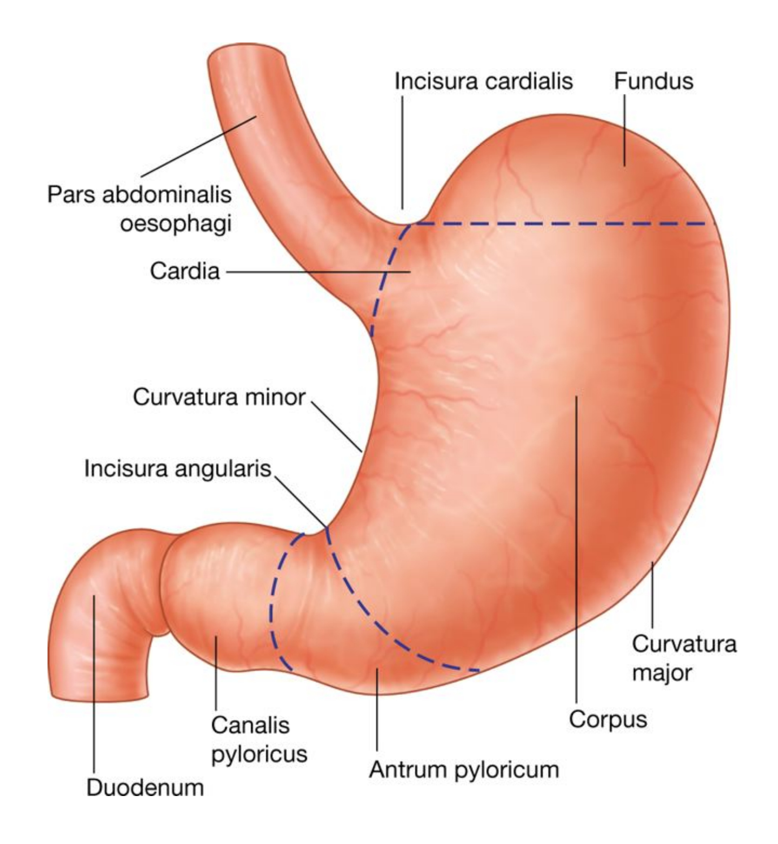
Der Magen wird in verschiedene Abschnitte unterteilt:

- die **Kardia**, die die Mündung des Ösophagus in den Magen umgibt und den Anfangsteil bildet
- den **Fundus gastricus**, der oberhalb der Ebene der Cardia liegt
- das **Corpus gastricum**, den größten Abschnitt des Magens
- die **Pars pylorica**, die in **Antrum pyloricum** und **Canalis pyloricus** unterteilt wird und das distale Ende des Magens bildet (Abb. 4.61B).

Der Magenausgang **(Ostium pyloricum)** ist auf der Organoberfläche durch die **Pylorusverengung** gekennzeichnet und wird von einer kräftigen Lage aus Ringmuskulatur des Magens (Sphincter pyloricus) umgeben. Das Ostium pyloricum befindet sich unmittelbar rechts der Mittellinie in einer Ebene, die durch die Unterkante des Wirbels L1 verläuft **(transpylorische Ebene)**.

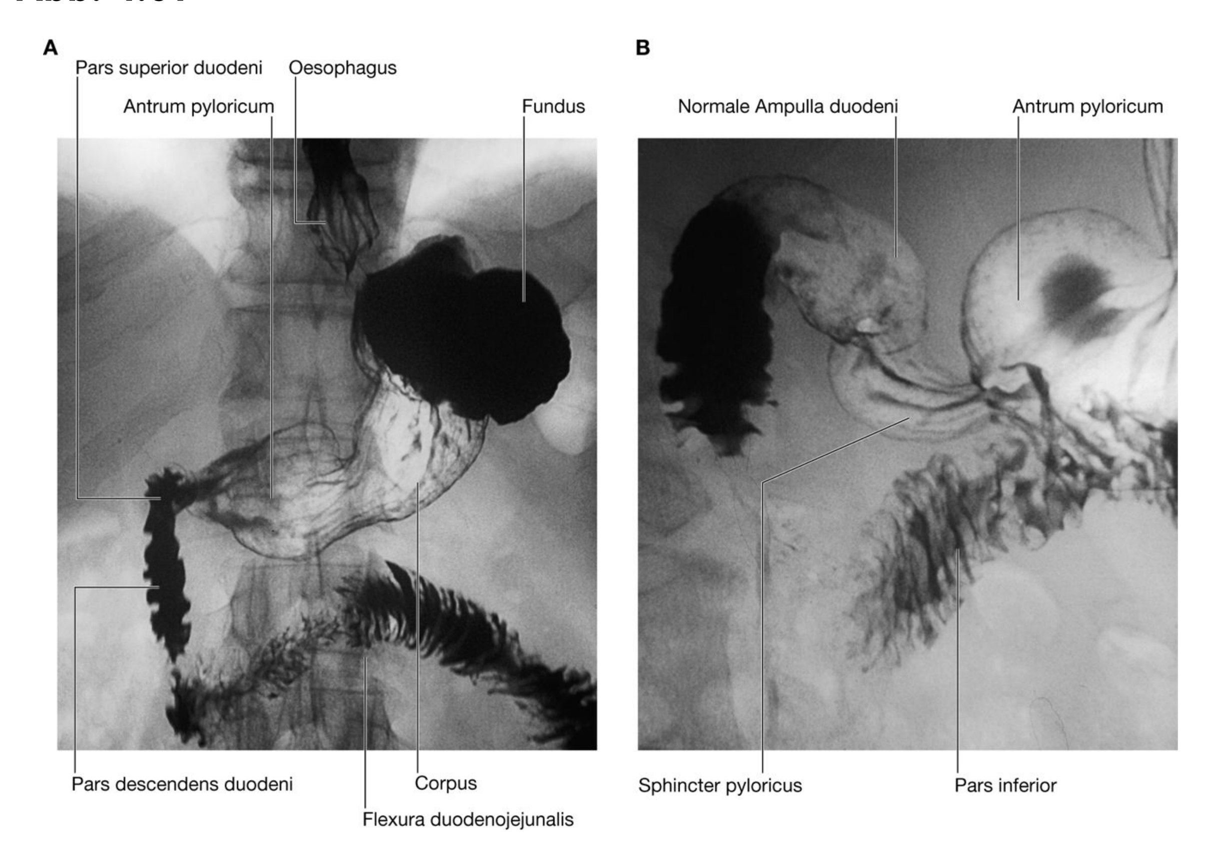
279
280

Abb. 4.60



Magen.

Abb. 4.61



Röntgenaufnahme von Magen und Duodenum unter Verwendung von bariumhaltigem Kontrastmittel. **A**. Doppelkontraströntgenbild des Magens. **B**. Doppelkontraströntgenbild der Ampulla duodeni.

Ferner unterscheidet man am Magen:

- die **große Kurvatur**, an der Ligamentum gastrosplenicum und Omentum majus angeheftet sind
- die **kleine Kurvatur**, an der das Omentum minus angeheftet ist
- die **Incisura cardialis**, den oberen Winkel, der am Eintritt des Ösophagus in den Magen besteht
- die **Incisura angularis**, an der die kleine Kurvatur eingeknickt ist.

Dünndarm

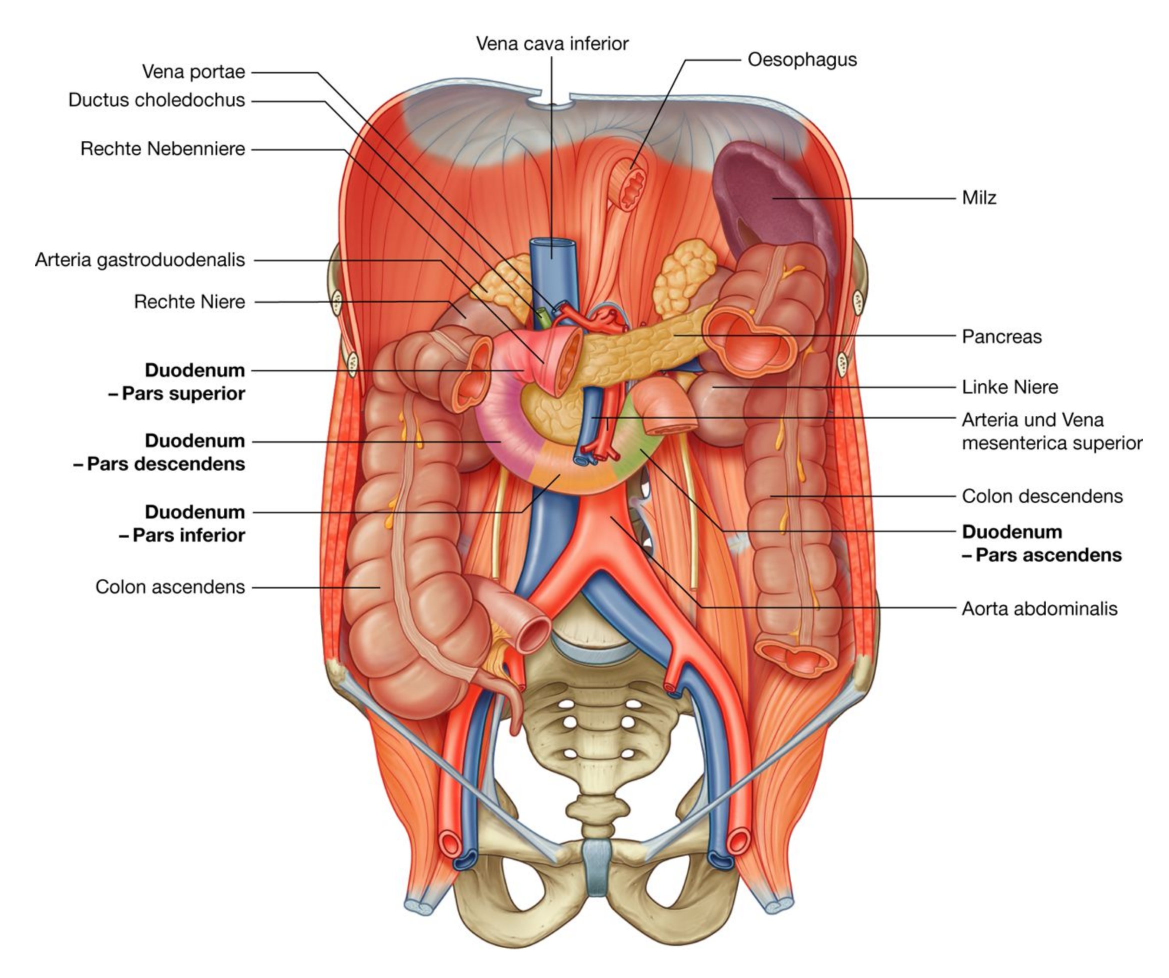
Der Dünndarm ist der längste Abschnitt des Gastrointestinaltrakts und erstreckt sich vom Ostium pyloricum des Magens bis zur Plica ileocaecalis. Der Dünndarm ist ein Hohlrohr von etwa 6 – 7 m Länge. Sein Durchmesser nimmt vom Angang bis zum Ende hin kontinuierlich ab. Er besteht aus Duodenum (Zwölffingerdarm), Jejunum (Leerdarm) und Ileum (Krummdarm).

Duodenum

Der erste Abschnitt des Dünndarms ist das Duodenum. Es hat eine C-förmige Anordnung, die dem Pankreaskopf auf der rechten Seite anliegt, ist 20 – 25 cm lang und liegt oberhalb der Bauchnabelebene. Sein Lumen ist das weiteste des Dünndarms (Abb. 4.62). Das Duodenum liegt mit Ausnahme des Anfangsabschnitts retroperitoneal. Der Anfangsabschnitt des Zwölffingerdarms ist über das Ligamentum hepatoduodenale – einen Teil des Omentum minus – mit der Leber verbunden.

Das Duodenum wird in vier Abschnitte unterteilt (Abb. 4.62):

Abb. 4.62



Duodenum.

- Die **Pars superior** duodeni (erster Abschnitt) reicht vom Ostium pyloricum des Magens bis zum Gallenblasenhals, liegt unmittelbar rechts des Wirbelkörpers L1 und verläuft ventral von Ductus choledochus, Arteria gastroduodenalis, Vena portae und Vena cava inferior. *In der Klinik wird der Anfangsabschnitts des Duodenums als Ampulle (Ampulla duodeni) bezeichnet. In diesem Bereich des Duodenums bilden sich am häufigsten Ulzera aus. Das Duodenum besitzt in diesem Abschnitt keine Zotten.*

- Die **Pars descendens** duodeni (zweiter Abschnitt) liegt unmittelbar rechts der Mittellinie und erstreckt sich vom Gallenblasenhals bis zum Unterrand des Wirbels L3. Die Vorderfläche des Duodenums wird vom Colon transversum überquert, dorsal befindet sich die rechte Niere; medial liegt der Pankreaskopf. Dieser Abschnitt des Duodenums enthält die **Papilla duodeni major** als gemeinsamen Ausgang von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus sowie die **Papilla duodeni minor** (sofern angelegt) als Ausgang des Ductus pancreaticus accessorius. Der Übergang vom Kopfdarm zum Mitteldarm liegt etwas unterhalb der Papilla duodeni major.
- Die **Pars inferior** duodeni (dritter Abschnitt) ist der längste Abschnitt, der Vena cava inferior, Aorta und Wirbelsäule überkreuzt (Abb. 4.61B und 4.62) – er wird vorn von Vena und Arteria mesenteria superior überkreuzt.

281

282

- Die **Pars ascendens** duodeni (vierter Abschnitt) verläuft über die Aorta oder links von ihr aufwärts bis ungefähr zum Oberrand von Vertebra L2 und endet an der Flexura duodenojejunalis.

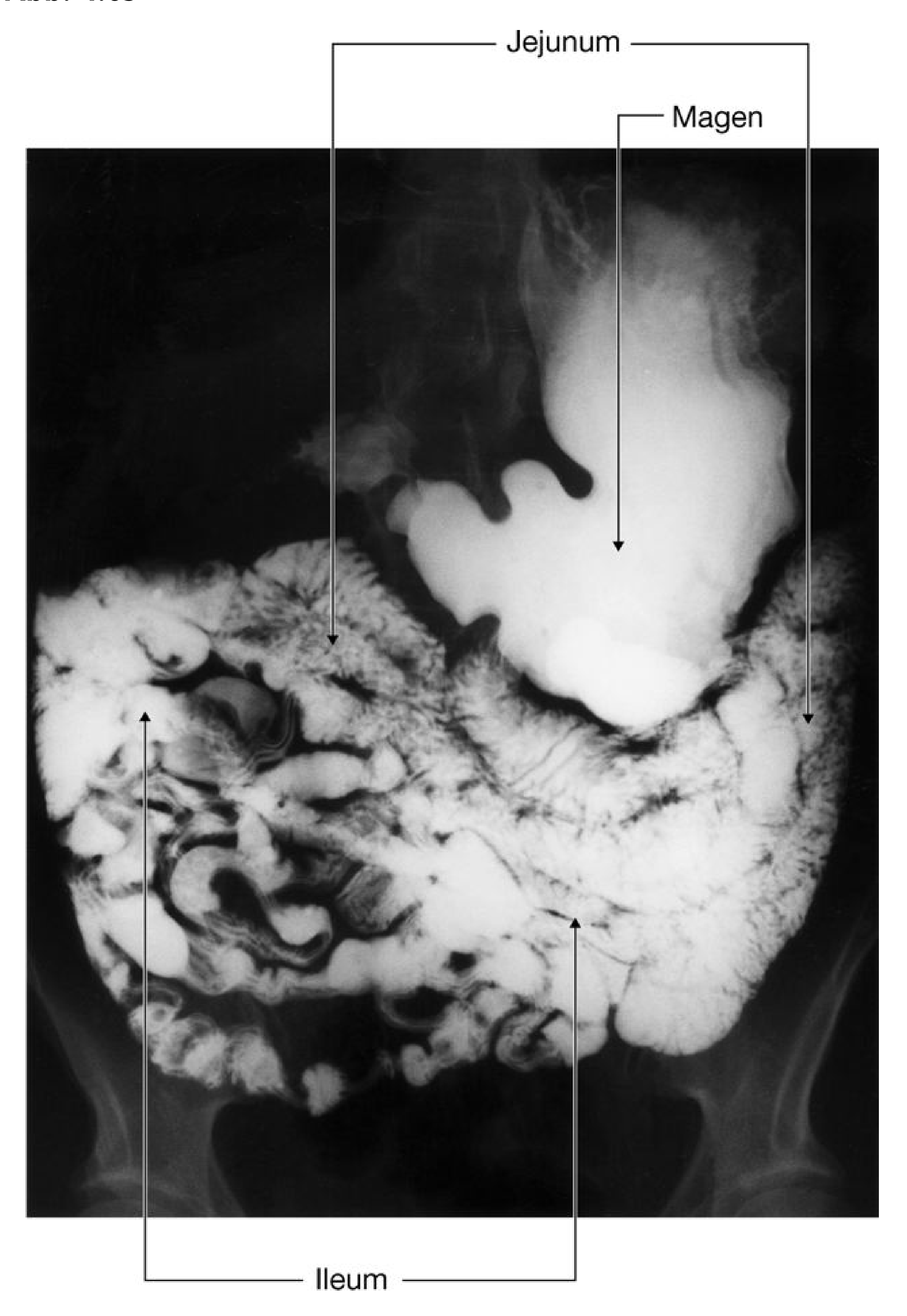
Die Flexura duodenojejunalis ist von einer Peritonealfalte umgeben, die Muskelfasern enthält und als **Ligamentum suspensorium** oder **Musculus suspensorius duodeni (Treitz-Band)** bezeichnet wird.

Oberhalb der Flexura duodenojejunalis befindet sich der Recessus duodenalis superior, unterhalb der Flexur erstreckt sich der Recessus duodenalis inferior, und hinter der Flexur liegt der Recessus retroduodenalis. Diese Recessus sind Drainageräume innerhalb der Bauchhöhle.

Jejunum

Jejunum und Ileum sind die beiden unteren Abschnitte des Dünndarms (Abb. 4.63). Das Jejunum bildet die proximalen zwei Fünftel. Es liegt vor allem im oberen linken Quadranten des Abdomens und besitzt einen größeren Durchmesser und eine dickere Darmwand als das Ileum. Die im Vergleich zum Ileum weniger stark ausgeprägten Arterienarkaden und längeren Vasa recta (gerade Gefäße) sind ein besonderes Kennzeichen des Jejunums (Abb. 4.64).

Abb. 4.63



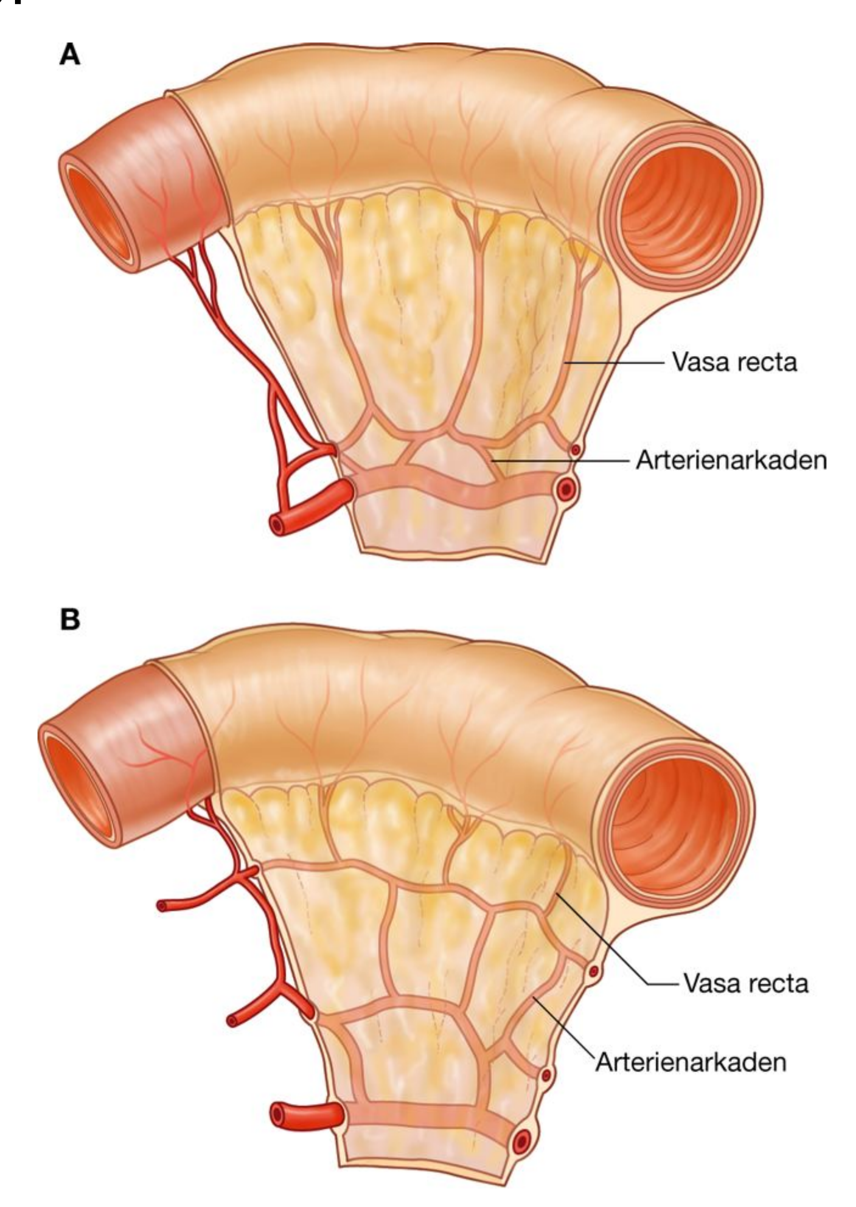
Röntgenaufnahme von Jejunum und Ileum unter Verwendung von bariumhaltigem Kontrastmittel.

Ileum

Das Ileum bildet die distalen drei Fünftel des Dünndarms und liegt vor allem im rechten unteren Quadranten. Verglichen mit dem Jejunum besitzt es dünnere Wände, kürzere Vasa recta, mehr mesenteriales Fettgewebe und mehr Arterienarkaden (Abb. 4.64).

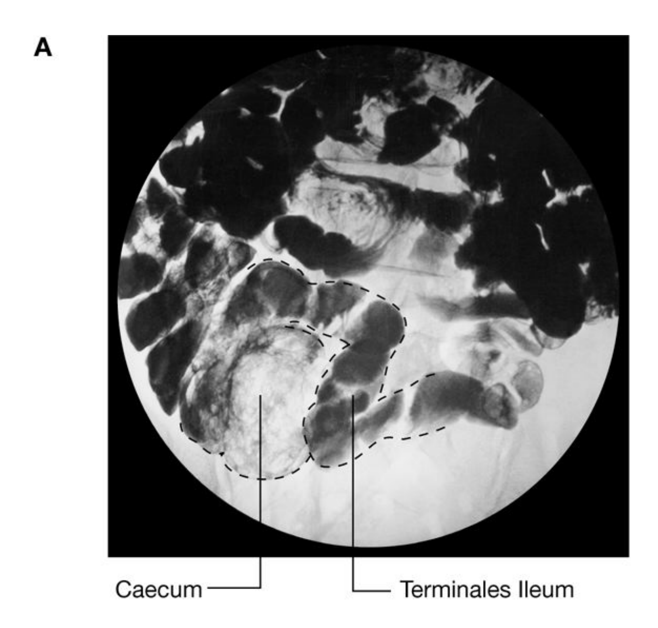
Das Ileum mündet an der Stelle, an der Zäkum und Colon ascendens miteinander verbunden sind, Seit-zu-End in den Dickdarm. Zwei Falten ragen in das Dickdarmlumen vor und bilden die Iliozäkalklappe **(Valva ileocaecalis;**Abb. 4.65). Die Falten der Valva ileocaecalis legen sich an deren Enden aneinander und bilden so zwei mundartige Lippen. Die Muskulatur des Ileums setzt sich in die Falten fort und bildet einen Sphinkter. Die Ileozäkalklappe wirkt einem Reflux von Darminhalt aus dem Zäkum zurück in das Ileum entgegen und reguliert die Passage des Darminhalts aus dem Ileum in das Caecum.

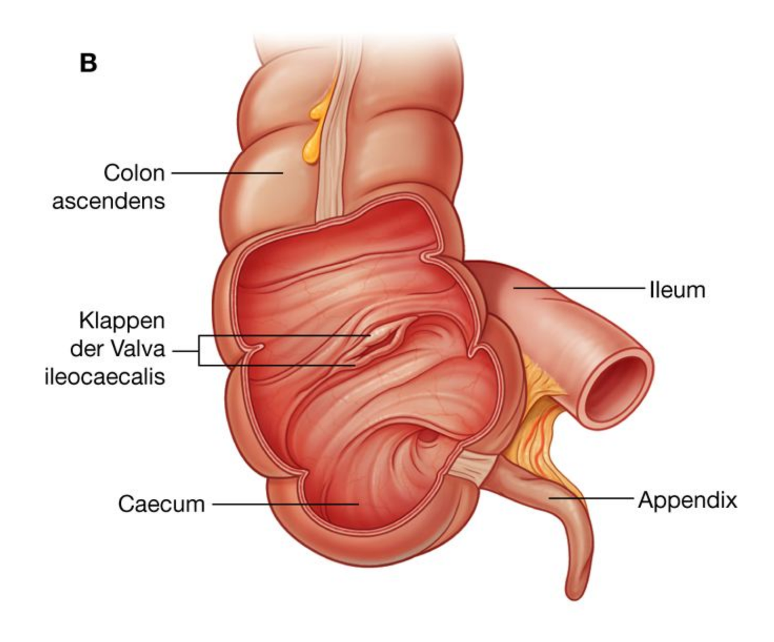
Abb. 4.64

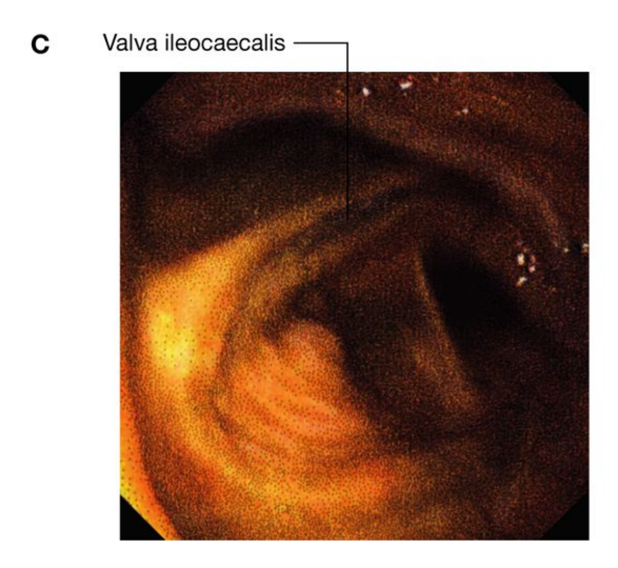


Unterschiede in der arteriellen Versorgung des Dünndarms. **A**. Jejunum. **B**. Ileum.

Abb. 4.65


A
Caecum
Terminales Ileum


B
Colon ascendens
Klappen der Valva ileocaecalis
Caecum
Ileum
Appendix


C
Valva ileocaecalis

Ileozäkaler Übergang. **A**. Röntgenaufnahme des ileozäkalen Übergangs. **B**. Zeichnung des ileozäkalen Übergangs und der Valva ileocaecalis. **C**. Endoskopische Darstellung der Valva ileocaecalis.

Klinik

Übergang vom Epithel der Pars abdominalis oesophagi in das Magenepithel

Im Bereich des Übergangs von Ösophagus zum Magen existiert ein physiologischer Sphinkter, der durch den Übergang von einer Epithelart in eine andere gekennzeichnet ist. Bei manchen Menschen befindet sich die histologische Grenze nicht am physiologischen gastroösophagealen Übergang, sondern liegt im unteren Drittel der Speiseröhre. Dies kann eine Prädisposition für ein Ösophagusulkus darstellen und geht zudem mit einem erhöhten Risiko eines Adenokarzinoms einher.

Klinik

Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) Die beiden bildgebenden Verfahren können wichtige Informationen über die Darmwände liefern, die sich durch Untersuchungen mit Bariumsulfat oder eine Endoskopie nicht erlangen lassen. Eine Wandverdickung kann auf ein entzündliches Geschehen oder auf einen Tumor hindeuten und sollte immer als verdächtig angesehen werden. Wird ein Tumor diagnostiziert, so folgt die Analyse der lokalen Ausbreitung sowie eines möglichen Lymphknotenbefalls und einer möglichen Metastasierung (Staging).

Moderne bildgebende Verfahren

Ein kleines Ultraschallgerät, das am Ende eines Endoskops angebracht ist, liefert besonders hochauflösende Darstellungen der Mukosa und Submukosa des oberen Gastrointestinaltrakts. Solche Bilder können zeigen, ob ein Tumor resezierbar ist, und dem Kliniker bei der Entnahme einer Probebiopsie behilflich sein.

283

284

Klinik

Ulcus duodeni

Ulzerationen des Duodenums entstehen in der Regel in der Pars superior duodeni und sind heute viel seltener als noch vor 50 Jahren. Zunächst gab es keine Therapie, sodass die Patienten an den Folgen (Blutung, Peritonitis) verstarben. Mit der Weiterentwicklung von Operationstechniken wurden Patienten mit Duodenalulzera einem umfassenden operativen Eingriff am oberen Gastrointestinaltrakt unterzogen, um die Gefahr eines weiteren Ulkus und weiterer Komplikationen zu verhindern. Der Eingriff war bei einigen Patienten sehr riskant. Mit zunehmendem Wissen und Verständnis der physiologischen Mechanismen der Säureproduktion im Magen wurden Medikamente entwickelt, die die Stimulation der Säureproduktion indirekt blockieren (Histamin-H_2-Rezeptor-Antagonisten). Diese Medikamente haben die Morbidität und

Mortalität des Ulcus duodeni bedeutend verringert. Durch die pharmakologische Therapie können heute die säureproduzierenden Magenzellen direkt gehemmt werden, z. B. durch Protonenpumpeninhibitoren. Patienten werden zudem auf das Vorkommen des Bakteriums *Helicobacter pylori* im Magen gescreent, durch dessen Eradikation (Abtötung mittels Antibiotikatherapie) die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines Ulcus duodeni signifikant verringert wird.

Aus anatomischer Sicht treten Duodenalulzera eher in ventraler oder dorsaler Lokalisation auf.

Dorsale Duodenalulzera perforieren entweder direkt in Richtung der Arteria gastroduodenalis oder noch häufiger in die Arteria pancreaticoduodenalis posterior superior. Hierdurch kann es zu massiven Blutungen aus der Arterie kommen, die bei manchen Patienten innerhalb kurzer Zeit zum Tod führen. Als Therapie kommt außer einer umfangreichen Oberbauchoperation mit dem Ziel einer Gefäßligatur auch das vom Radiologen auf endovaskulärem Weg durchgeführte Einbringen eines sehr feinen, retrograd über die Arteria femoralis zum Truncus coeliacus verlaufenden Katheters in Betracht. Man dringt bis in die Arteria hepatica communis und über diese in die Arteria gastroduodenalis vor und verschließt das Blutungsgebiet unter Verwendung kleiner Metallspiralen oder -spulen (Coils), die den Blutfluss zum Stillstand bringen.

Ventrale Duodenalulzera perforieren in die Peritonealhöhle und lösen so eine Peritonitis aus. Die ausgeprägte Entzündungsreaktion und der lokale Ileus führen zur Anlagerung des Omentum majus, das die Perforation der Darmwand abzuschirmen versucht. Magen und Duodenum enthalten für gewöhnlich beträchtliche Mengen an Gas, das bei Perforation in die Peritonealhöhle übertritt und so im Röntgenbild des stehenden Patienten als subdiaphragmatisches Gas erkennbar ist. In den meisten Fällen erfolgt die Therapie chirurgisch.

Klinik

Untersuchung des oberen Gastrointestinaltrakts

Oft müssen Ösophagus, Magen, Duodenum und proximales Jejunum auf Erkrankungen untersucht werden. Nach Erhebung einer ausführlichen Anamnese und einer körperlichen Untersuchung ordnen die meisten Ärzte eine Reihe einfacher Blutuntersuchungen an, um nach Zeichen einer Blutung, einer Entzündung oder eines Tumors zu suchen. Die nächsten Untersuchungsschritte dienen der Inspektion der drei Komponenten einer jeden Darmschlinge, und zwar des Darmlumens, der Darmwand sowie von Raumforderungen an der Außenseite des Darms, die ihn komprimieren oder perforieren können.

Untersuchung des Darmlumens

Der Patient trinkt eine Bariumsulfatlösung, die sich mithilfe eines Röntgenfluoreszenzgeräts darstellen lässt. Das Lumen kann so auf raumfordernde Prozesse (z. B. Polypen und Tumoren) untersucht werden. Außerdem kann die Peristaltik beobachtet werden. Zusätzlich können dem Patienten kohlendioxidfreisetzende Granula

verabreicht werden, um den Magen mit Gas zu füllen. Dabei macht das Bariumsulfat als dünne Schicht auf der Mukosa deren Feinstruktur sichtbar. Diese Tests sind relativ einfach und finden bei der Darstellung von Ösophagus, Magen, Duodenum und Dünndarm häufig Anwendung.

284
285

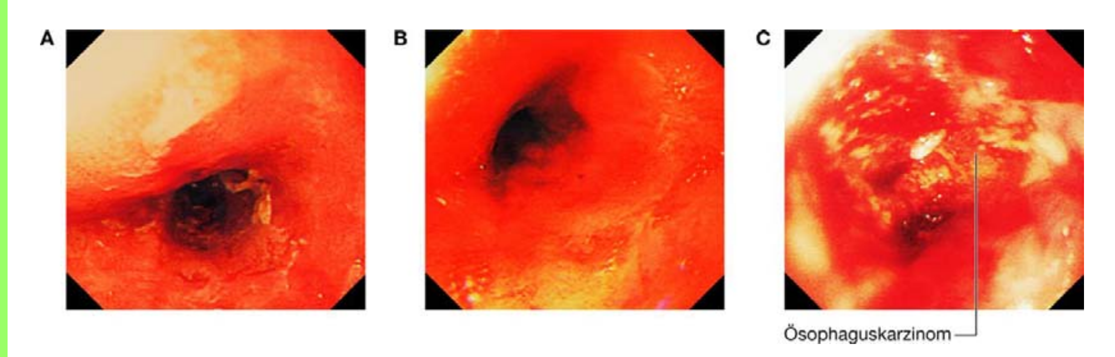
Untersuchung der Darmwand und Suche nach Raumforderungen an der Außenseite des Darms

Endoskopie

Ein Endoskop besteht aus einer Optik, die am Ende einer flexiblen Röhre sitzt und deren Durchmesser nicht größer als der eines Gartenschlauchs ist (und noch wesentlich dünner sein kann; es gibt winzige Endoskope, die in den ableitenden Tränenwegen zum Einsatz kommen). Der erfahrene Arzt führt den Schlauch durch den Mund des Patienten über Ösophagus, Magen, Duodenum und proximales Jejunum ein.

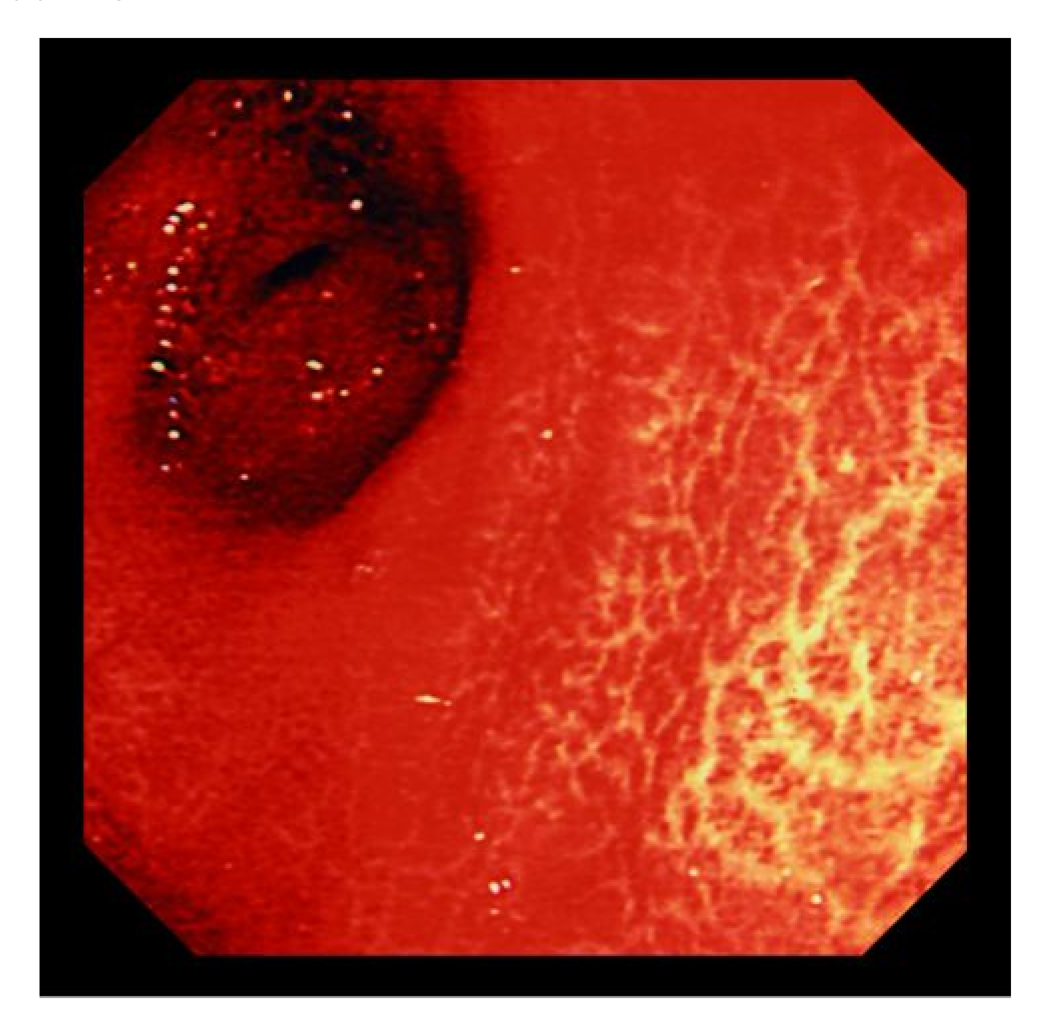
Die Mukosa kann mittels der Optik, in die der Arzt mit einem Auge hineinblickt, direkt betrachtet werden (Abb. 4.66 bis 4.68). Über einen zusätzlichen Arbeitskanal entlang der flexiblen Röhre kann der Arzt mit einer kleinen Fasszange aus auffälligen Schleimhautbezirken Biopsien entnehmen. Sind Blutungen sichtbar, so kann der entsprechende Bezirk über das Einbringen eines Kauters durch den Arbeitskanal koaguliert oder durch Injektion blutstillender Medikamente behandelt werden.

Abb. 4.66



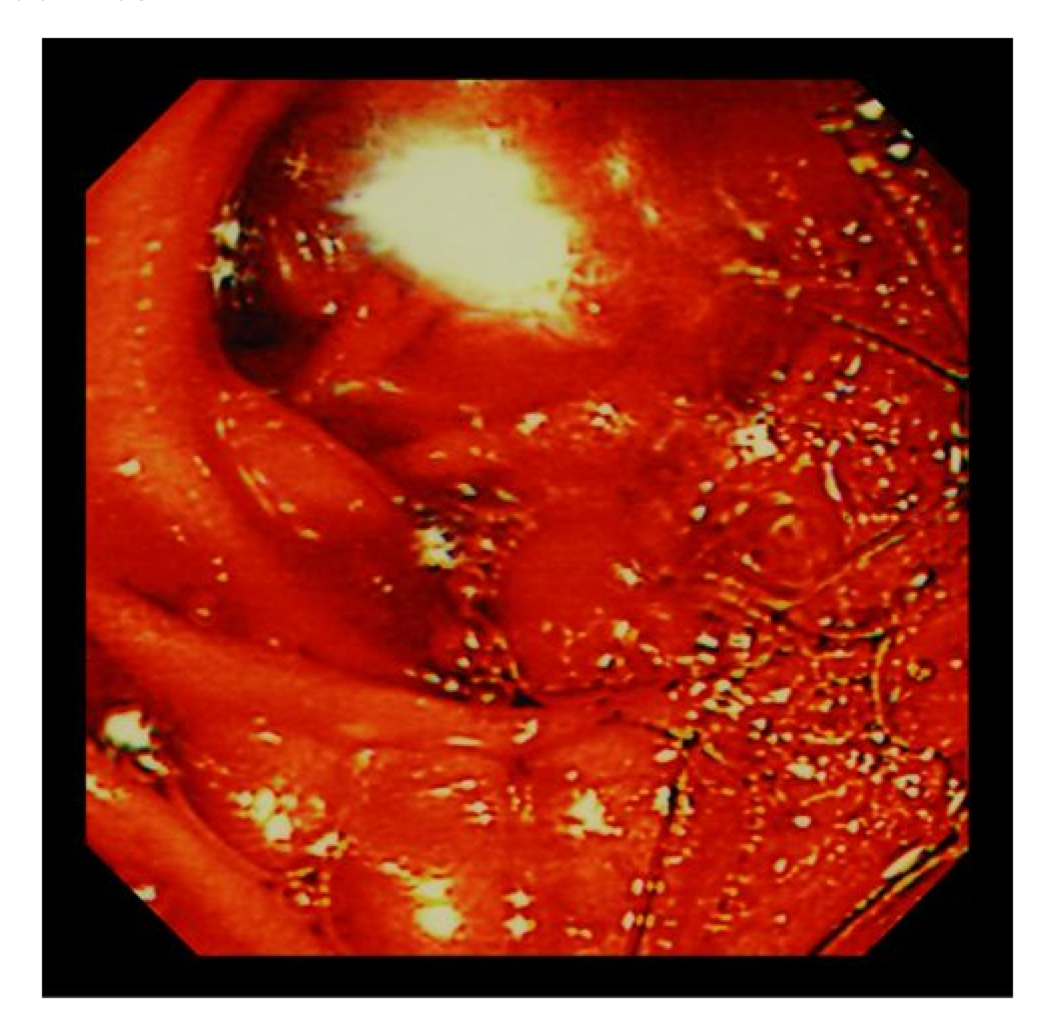
Endoskopische Darstellung des Übergangs zwischen Ösophagus und Magen. **A**. Stenose im Ösophagus. **B**. Stenose im Ösophagus nach Aufweitung. **C**. Ösophaguskarzinom am gastroösophagealen Übergang.

Abb. 4.67



Endoskopische Darstellung des Antrum pyloricum des Magens mit Blick in Richtung Pylorus; im Vordergrund erkennt man eine leichte Gastritis.

Abb. 4.68



Endoskopische Darstellung eines Normalbefunds der Pars descendens duodeni.

285

286

Klinik

Meckel-Divertikel

Das Meckel-Divertikel (Abb. 4.69) ist ein Residuum des proximalen Abschnitts des Ductus omphaloentericus (Ductus vitellinus), der sich in die embryonale Nabelschnur erstreckt und an der dem Mesenterium gegenüberliegenden Seite des Ileums liegt. Obwohl es sich um einen seltenenen Befund handelt (tritt bei etwa 2% der Bevölkerung auf), ist es wichtig, die Diagnose „Meckel-Divertikel“ in Betracht zu ziehen, da das Meckel-Divertikel bei einer kleinen Anzahl von Patienten Symptome erzeugen kann, die oftmals den Symptomen einer Appendizitis vergleichbar sind. Zu den typischen Befunden gehören Blutungen, Invaginationen, Divertikulitis, Ulzeration und Obstruktion.

Abb. 4.69



Gefäße, die mit einem Meckel-Divertikel assoziiert sind. Digitale Substraktionsangioigraphie (DSA).

Klinik

Magenkarzinom Das Magenkarzinom ist ein häufiger Tumor des Magen-Darm-Trakts. Chronische Entzündung des Magens (Gastritis), perniziöse Anämie (Vitamin-B_{12}-Mangel) und Polypen prädisponieren für die Entwicklung dieses aggressiven Krebses. Die Patienten kommen in der Regel erst in fortgeschrittenen Stadien der Erkrankung zum Arzt, da der Tumor erst spät Symptome hervorruft und lange Zeit unbemerkt bleibt. Zu den Symptomen gehören unbestimmte epigastrische Schmerz, ein vorzeitiges Völlegefühl während der Nahrungsaufnahme, Blutungen unter Entstehung einer chronischen Anämie sowie Obstruktion (Verstopfung).

Die Diagnose kann unter Verwendung von Bariumsulfat und mittels konventioneller Röntgenaufnahmen oder im Rahmen einer Gastroskopie (Endoskopie des Magens) gestellt werden, wobei Letztere zugleich die Entnahme einer Biopsie ermöglicht. Ultraschall wird eingesetzt, um eine Metastasierung in die Leber auszuschließen. Im Fall eines negativen Ergebnisses wird eine Computertomographie zur Beurteilung der chirurgischen Resezierbarkeit durchgeführt.

Bei frühzeitiger Diagnose eines Magenkarzinoms ist die kurative chirurgische Resektion möglich. Da jedoch die meisten Patienten erst im Spätstadium der Erkrankung vorstellig werden, beträgt die 5-Jahres-Überlebensrate zwischen 5% und 20%, bei einer mittleren Überlebenszeit von 5 – 8 Monaten.

Erste Symptome eines Magenkarzinoms sind manchmal das schmerzlose Anschwellen und die Verhärtung eines Lymphknotens im lateralen Halsdreieck der linken Seite (sog. Virchow-Drüse). Einige Lymphgefäße aus dem Magen drainieren zu Lymphknoten in diesem Abschnitt.

Dickdarm

Der Dickdarm erstreckt sich vom distalen Ende des Ileums bis zum Anus. Er hat eine Länge von etwa 1,5 m. Der Dickdarm resorbiert Flüssigkeit und Salze aus dem Darminhalt und bildet aus den unverdaulichen Nahrungsbestandteilen mithilfe seiner physiologischen Darmflora Fäzes. Er besteht aus Zäkum, Appendix, Kolon, Rektum und Analkanal (Abb. 4.70 und 4.71).

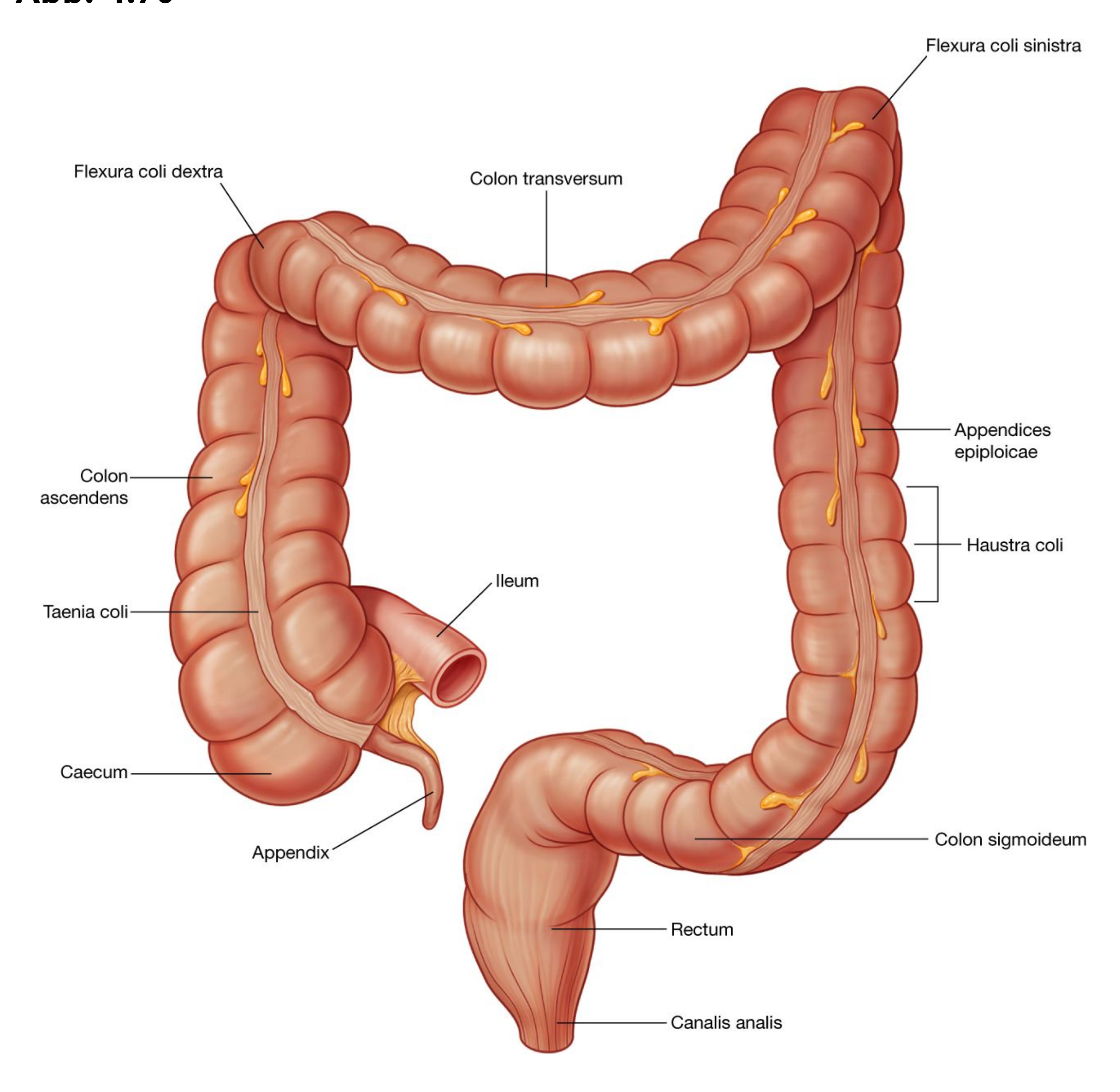
Der Dickdarm beginnt in der Fossa iliaca dextra an der Iliozäkalklappe, die in das Zäkum (Blinddarm) führt. Das Zäkum setzt sich kaudalwärts in die um ein Vielfaches dünnere 286

287

Appendix (Wurmfortsatz) fort; kranialwärts geht es in das **Colon ascendens** über, das bis in das rechte Hypochondrium aufsteigt (Abb. 4.72). Unmittelbar unterhalb der Leber biegt das Kolon nach links um, bildet so die **Flexura coli dextra (Flexura hepatica)** und durchquert das Abdomen als **Colon transversum** bis in das rechte Hypochondrium. An diesem Punkt, genau unterhalb der Milz, biegt das Kolon an der **Flexura coli sinistra (Flexura splenica)** nach kaudal um und setzt sich als **Colon descendens** auf der linken Seite bis in die Fossa iliaca sinistra fort.

Es tritt in den oberen Abschnitt der Beckenhöhle als Colon sigmoideum (S-förmig gekrümmt) ein, verläuft dann auf der hinteren Beckenwand als Rektum und geht in den Analkanal über, der über den Anus nach außen mündet.

Abb. 4.70



Kolon.

Allgemeine Kennzeichen der meisten Abschnitte des Dickdarms sind (Abb. 4.70):

- sein großer Innendurchmesser im Vergleich zum Dünndarm
- von Peritoneum bedeckte Fettansammlungen **(Appendices epiploicae** oder **omentales)**, die dem Colon anhängen
- die Anordnung seiner longitudinalen Wandmuskulatur in drei schmalen Bändern (**Taeniae coli** – man unterscheidet Taenia omentalis, Taenia mesocolica und Taenia libera), die vor allem am Zäkum und Colon, weniger gut am Rektum erkennbar sind

- die Haustrierung des Colons **(Haustra coli)**.

Abb. 4.71



Röntgendarstellung des Dickdarms unter Verwendung von Bariumsulfat.

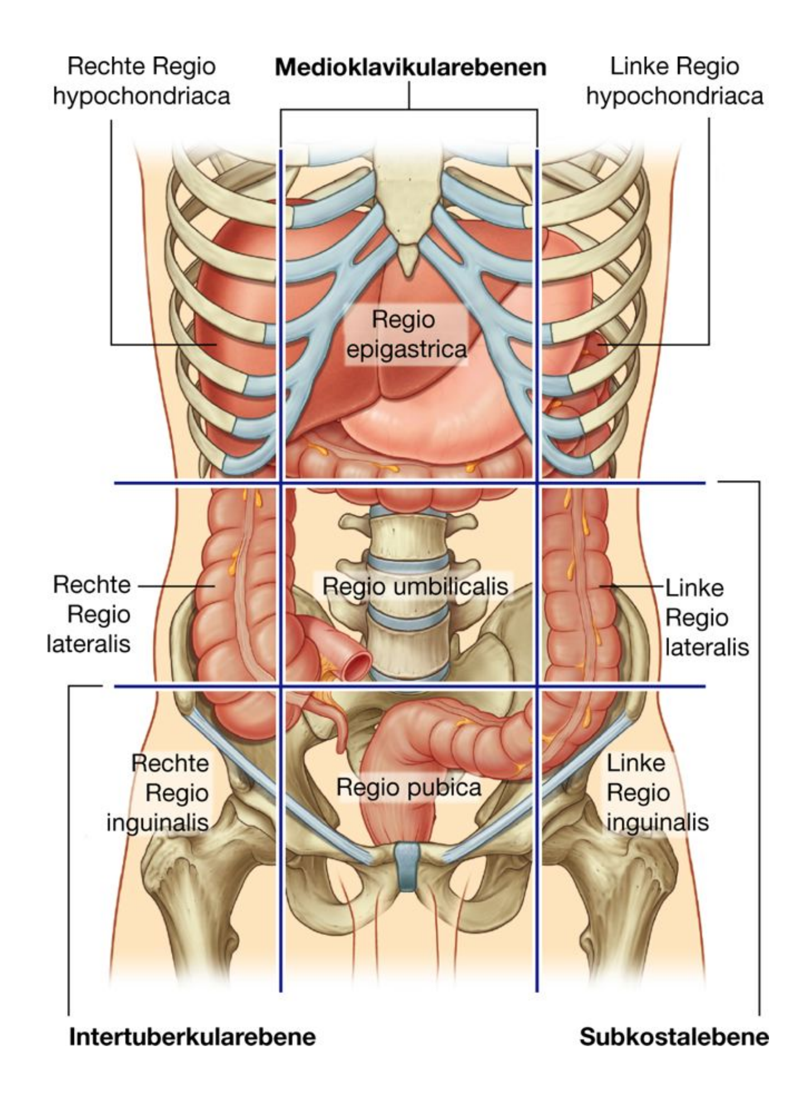
Zäkum und Appendix vermiformis

Das **Zäkum** ist der erste Abschnitt des Dickdarms (Abb. 4.73). Es liegt auf Höhe und unterhalb der Ileozäkalklappe in der Fossa iliaca dextra und ist aufgrund seiner Mobilität (nicht aufgrund seiner Befestigung am Mesenterium) eine intraperitoneale Struktur.

Dem Zäkum, das normalerweise der vorderen Bauchwand anliegt, schließt sich im Bereich der Mündung des Ileums das Colon ascendens an. Es kann in den Beckeneingang übertreten und so im kleinen Becken zu liegen kommen. Die Appendix ist an der dorsomedialen Wand des Zäkums befestigt, unmittelbar unterhalb von der Ileozäkalklappe (Abb. 4.73).

Die **Appendix vermiformis** ist ein enges, hohles Rohr, das mit dem Zäkum verbunden ist. Es weist in seinen Wänden große Ansammlungen lymphatischen Gewebes (wird den sekundären lymphatischen Organen zugerechnet) auf und ist über die **Mesoappendix** am terminalen Ileum befestigt. Die Mesoappendix enthält **Arteria** und **Vena appendicularis** (Abb. 4.74). Der Anheftungsort am Zäkum entspricht der sehr gut erkennbaren Taenia libera, die direkt zur Basis der

Abb. 4.72



Lage des Dickdarms in Bezug zu den neun Bauchregionen.

Appendix führt. Da die Appendix normalerweise nicht fixiert ist, ist ihre Lage äußerst variabel (Abb. 4.75). Mögliche Lagen sind:

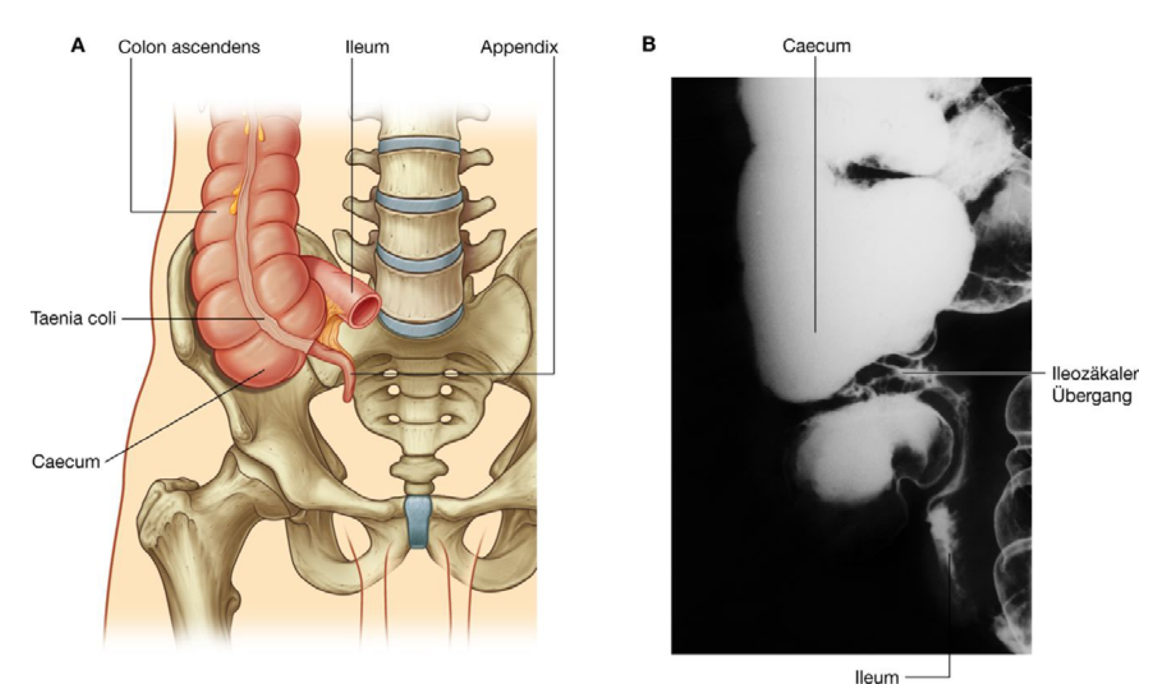
- dorsal von Zäkum oder unterem Abschnitt des Colon ascendens (oder beiden) in retrozäkaler bzw. retrokolischer Lage
- über dem Beckeneingang in Beckenlage bzw. absteigender Lage
- unterhalb des Zäkums in subzäkaler Lage
- vor dem terminalen Ileum, möglicherweise mit Kontakt zur Bauchwand, in präilealer Lage oder dorsal vom terminalen Ileum in postilealer Lage.

Die Basis der Appendix projiziert sich auf den Übergang vom lateralen zum mittleren Drittel einer gedachten Linie zwischen Spina iliaca anterior superior zum Nabel **(McBurney-Punkt)** und auf den rechtsseitigen Drittelpunkt auf der Verbindungslinie der beiden Spinae iliacae anteriores superiores (Interspinallinie) **(Lanz-Punkt)**. *Bei Erkrankungen der Appendix werden in diesem Bereich Schmerzen angegeben.*

288

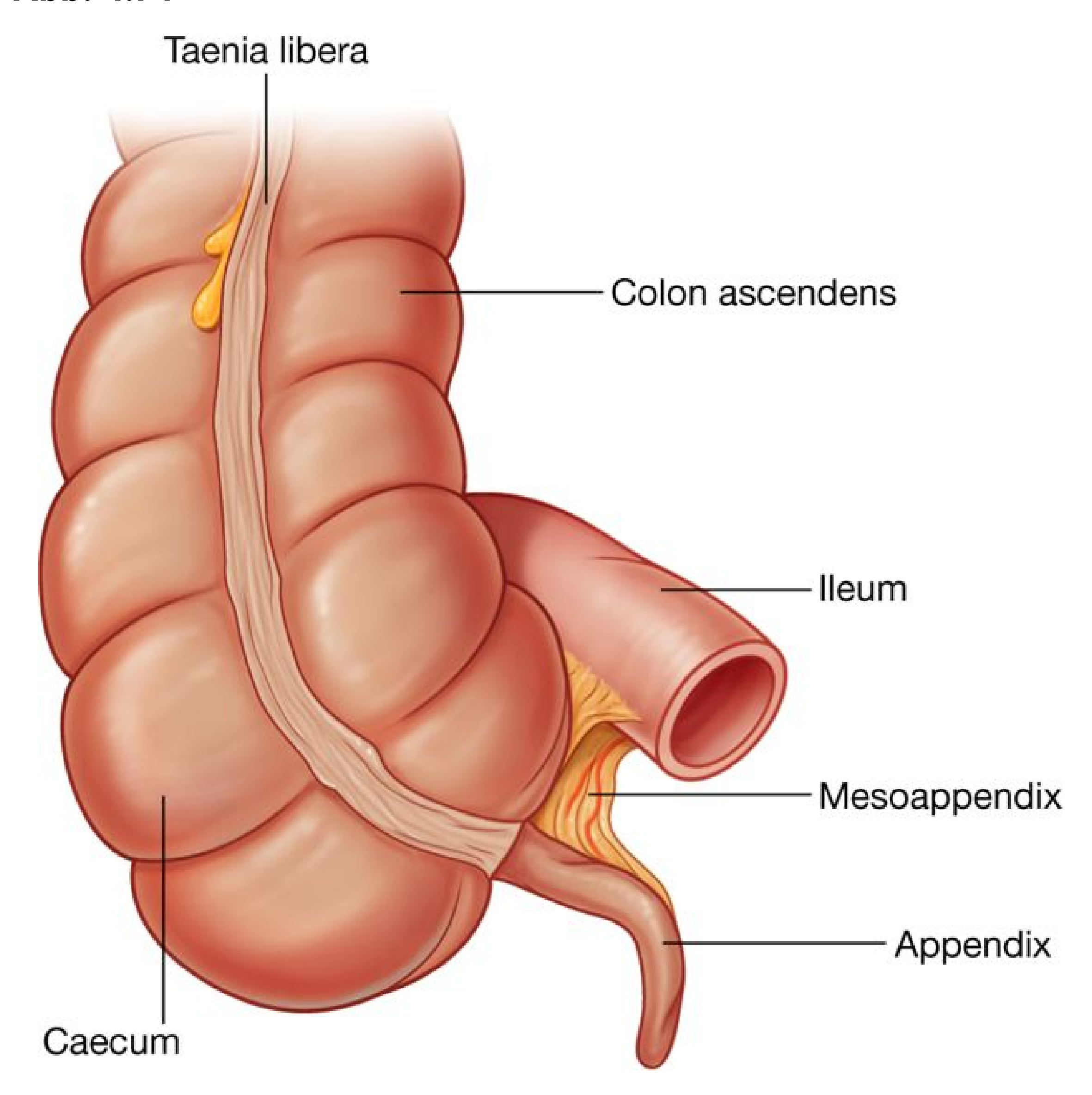
289

Abb. 4.73



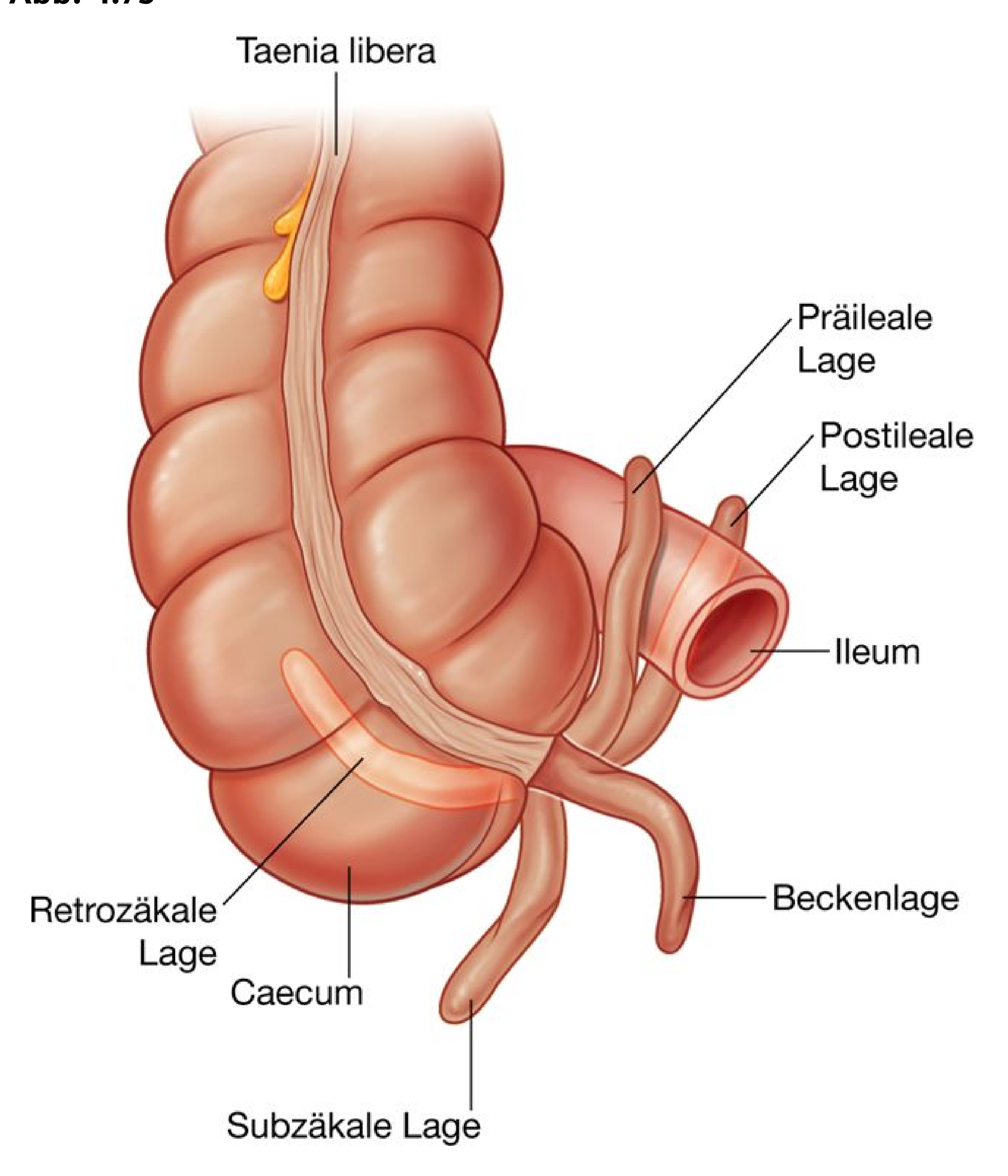
Zäkum und Appendix. **A**. Zeichnung. **B**. Röntgenaufnahme des ileozäkalen Übergangs unter Verwendung von Bariumsulfat.

Abb. 4.74



Mesoappendix mit den Gefäßen der Appendix.

Abb. 4.75



Lagevarianten der Appendix vermiformis.

289
290

Klinik

Appendizitis

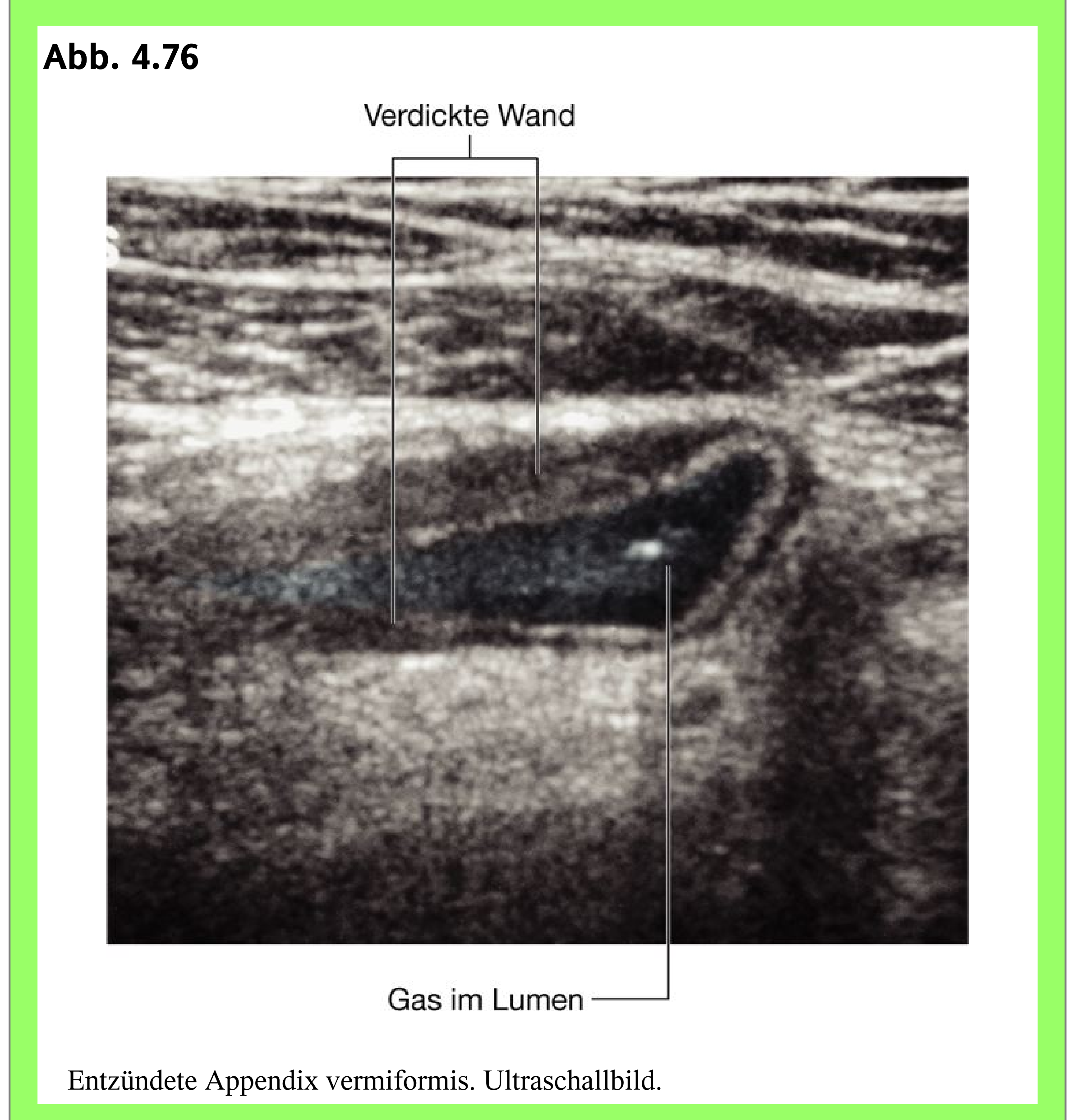
Die akute Appendizitis ist ein abdomineller Notfall. Sie tritt in der Regel infolge eines Lichtungsverschlusses durch Kotsteine, Verwachsungen oder seltener hämatogen durch Keimabsiedlung auf dem Blutweg auf. Im Lumen der verlegten Appendix vermehren sich Bakterien, die die Wand der Appendix infiltrieren und bis hin zur Nekrose schädigen.

Die Appendizitis tritt vor allem im frühen bis mittleren Lebensalter auf und beginnt mit uncharakteristischen Beschwerden (Übelkeit, Appetitverlust, Erbrechen, diffuse Leibschmerzen) und entwickelt – meist nach einem kürzeren symptomärmeren Intervall – die typischen, allgemein rechtsseitigen Symptome wie Unterbauchschmerzen mit charakteristischem Druckschmerz im Bereich des McBurney-Punkts, Abwehrspannung im Bereich der Bauchdecke (Défense musculaire), Loslassschmerz der eingedrückten Bauchdecke auf der linken Seite (kontralateraler Loslassschmerz), Schmerzen bei rektaler Palpation des Douglas-Raums. Lageabhängig sind die Symptome mehr oder weniger ausgeprägt und können auch fehlen. In manchen Fällen erfolgt eine spontane Heilung; in anderen Fällen setzen sich die entzündlichen Prozesse fort (Abb. 4.76); hierdurch kann es zur Perforation kommen, die zu einer lokalen oder generalisierten Peritonitis führt.

Die Ätiologie des Appendizitisschmerzes wird in Kapitel 2 beschrieben.

Die Therapie der Appendizitis besteht in der chirurgischen Appendektomie.

Abb. 4.76



Entzündete Appendix vermiformis. Ultraschallbild.

Kolon

Das Kolon schließt sich kranial an das Zäkum an und besteht aus Colon ascendens, Colon transversum, Colon descendens und Colon sigmoideum (Abb. 4.77). Colon ascendens und Colon descendens besitzen eine (sekundär) retroperitoneale Lage; Colon transversum und Colon sigmoideum liegen intraperitoneal.

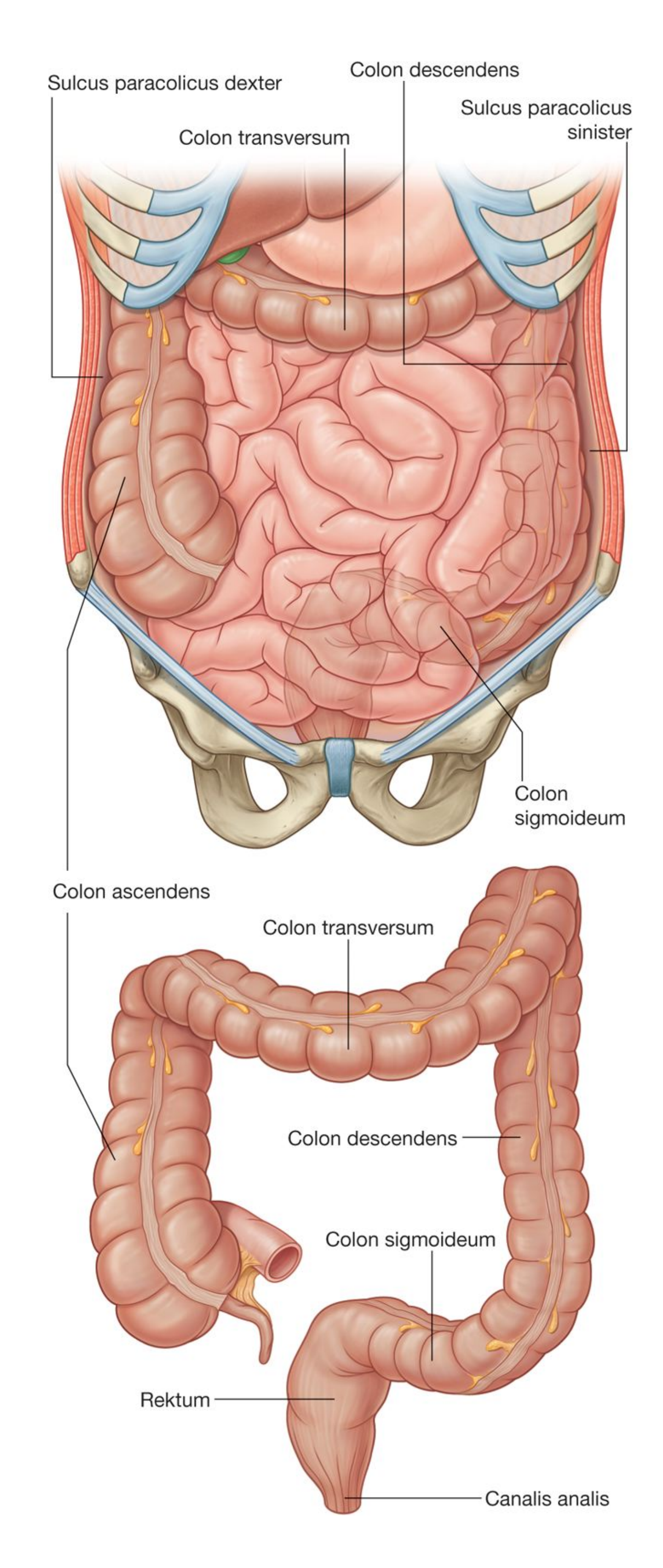
Im Bereich des Übergangs von Colon ascendens auf das Colon transversum befindet sich die Flexura coli dextra, die unmittelbar unterhalb des rechten Leberlappens liegt (Abb. 4.78). Eine ähnliche, jedoch noch steilere Biegung (die Flexura coli sinistra) besteht am Übergang vom Colon transversum auf das Colon descendens. Diese Knickung befindet sich direkt unterhalb der Milz; sie liegt höher und weiter dorsal als die rechte Kolonflexur und ist über das Ligamentum phrenicocolicum am Zwerchfell befestigt.

Unmittelbar lateral des Colon ascendens und Colon descendens befinden sich jeweils ein **Sulcus paracolicus dexter (rechter parietokolischer Spalt)** bzw. **sinister (linker parietokolischer Spalt;**Abb. 4.77). Die beiden Vertiefungen entstehen zwischen den lateralen Rändern von Colon ascendens und Colon descendens sowie der dorsolateralen Bauchwand und stellen Drainageräume dar. *Da sich auf der medialen und dorsomedialen Seite von Colon ascendens und Colon descendens große Gefäße und Lymphgefäße befinden, können die beiden Abschnitte des Kolons ohne größere Blutungen mobilisiert werden, indem man das Peritoneum entlang den parietokolischen Spalten durchtrennt.*

Das letzte Segment des Kolons ist das Colon sigmoideum. Es beginnt oberhalb des Beckeneingangs und erstreckt sich bis zur Wirbelebene S3. Hier geht es in das Rektum über (Abb. 4.77). Die S-förmige Struktur ist mit Ausnahme des Anfangsabschnitts, der mit dem Colon descendens verbunden ist, und des Endabschnitts, der am Rektum fixiert ist, verhältnismäßig beweglich. Das Colon sigmoideum ist am Mesocolon sigmoideum aufgehängt. Links vom Mesocolon sigmoideum befindet sich eine kleine Bauchfelltasche (Recessus intersigmoideus).

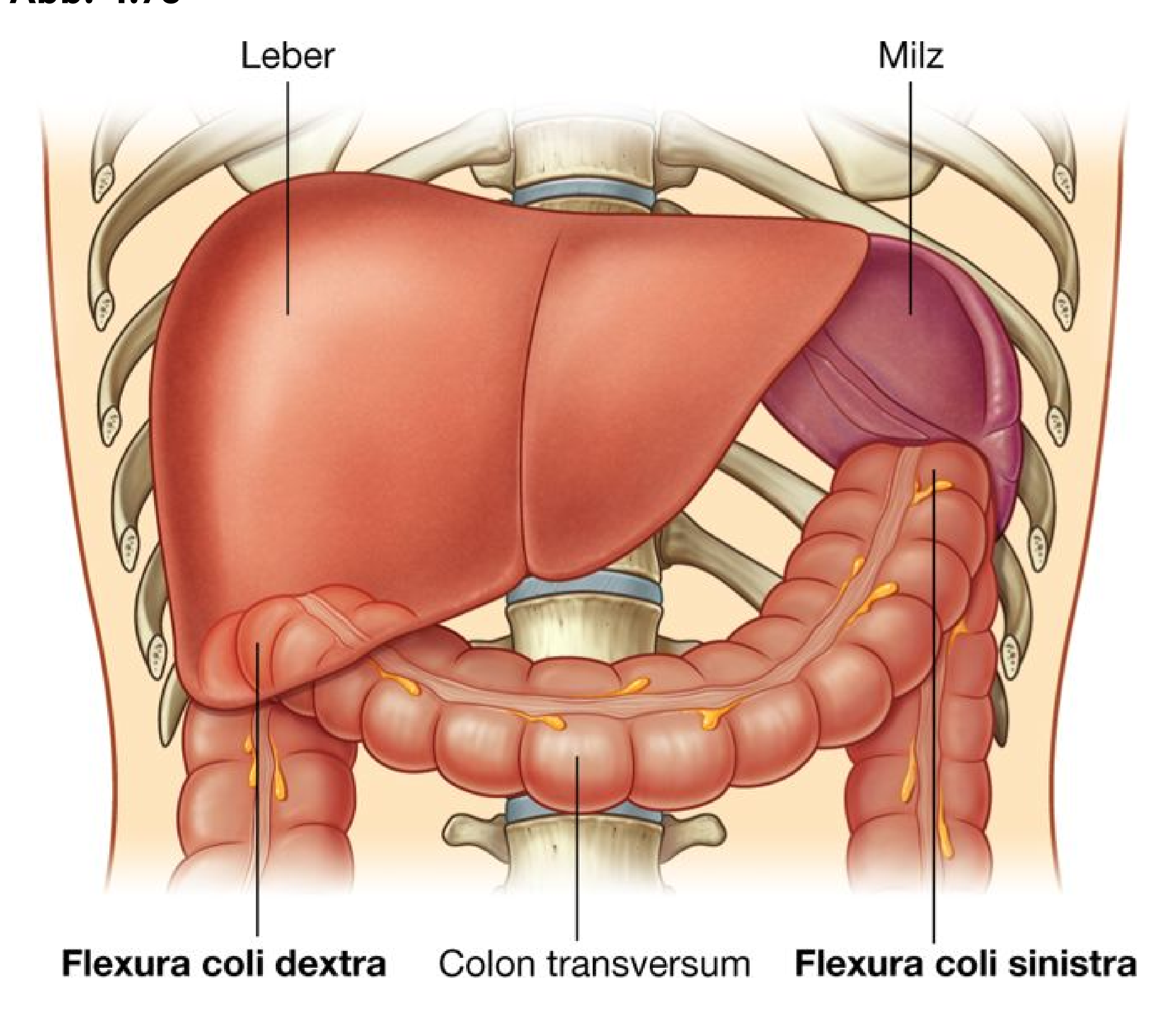
290

Abb. 4.77



Kolon.

Abb. 4.78



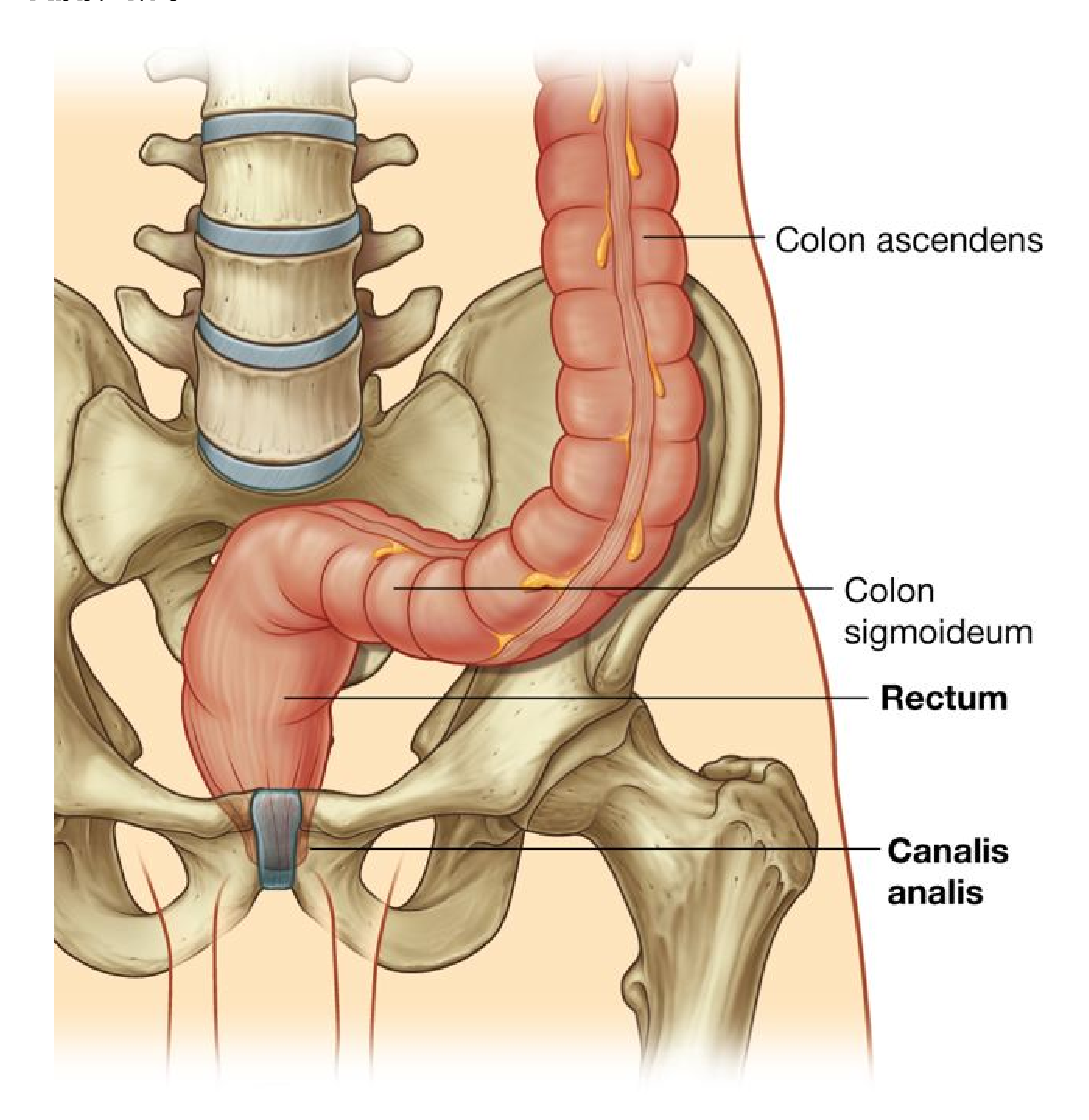
Flexurae coli dextra und sinistra.

Rektum und Canalis analis

Dem Colon sigmoideum schließt sich das Rektum an (Abb. 4.79). Die Lage des rektosigmoidalen Übergangs wird allgemein auf Höhe Vertebra S3 oder am Ende des Mesocolon sigmoideum angegeben, da das Rektum im Gegensatz zum intraperitonealen Sigmoid retroperitoneal liegt.

Der Analkanal schließt sich kaudal an das Rektum an.

Abb. 4.79



Rektum und Canalis analis.

291
292

Klinik

Angeborene Fehlbildungen des Gastrointestinaltrakts

Die normale Lage der Baucheingeweide resultiert aus einer komplexen Abfolge von Rotationen, die das Darmrohr im Rahmen der Entwicklung vollzieht, sowie aus dem schnellen Wachstum der Bauchhöhle, die dazu führen, dass Anteile des Darms während der Entwicklung zeitweise aus der Bauchhöhle hinausverlagert werden, um die Größenveränderungen der sich entwickelnden Organe zu überbrücken. Eine Reihe von Entwicklungsstörungen kann im Laufe der Darmentwicklung auftreten. Einige werden beim Neugeborenen oder Kleinkind symptomatisch und können chirurgische Notfälle darstellen. Gelegentlich werden solche Fehlbildungen erst im Erwachsenenalter entdeckt.

Abb. 4.80



Kleine Malrotation des Darms und Volvulus. Röntgenaufnahme von Magen, Duodenum und oberem Jejunum unter Verwendung von Barium.

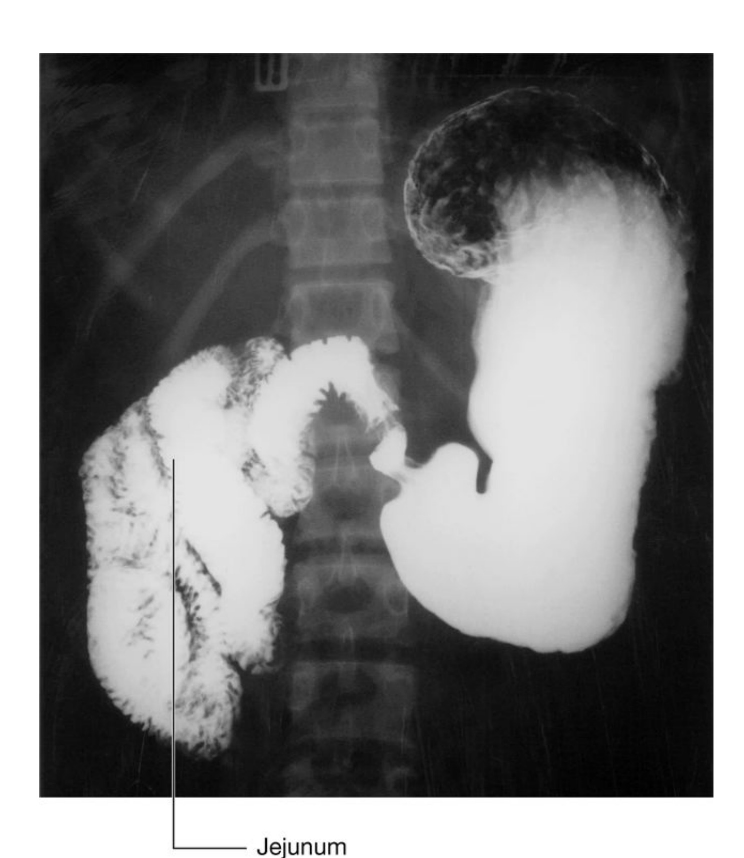
Malrotation und Mitteldarmvolvulus

Bei einer Malrotation ist es zu einer nur unvollständigen Rotation und Befestigung des Mitteldarms nach dessen Rückkehr aus dem Saccus umbilicalis in das intraembryonale Zölom gekommen (Abb. 4.80 und 4.81). Die proximale Befestigung des Dünndarmmesenteriums beginnt am **Ligamentum suspensorium duodeni (Treitz-Band)**, das die Lage der Flexura duodenojejunalis kennzeichnet. Die lange Anheftungslinie des Mesenteriums verhindert eine zufällige Darmdrehung.

Enden Flexura duodenojejunalis oder Zäkum nicht an ihrer üblichen Stelle, so verkürzt sich der Ursprung des Dünndarmmesenteriums. Hierdurch wird eine Drehung des Dünndarms um die Achse der A. mesenterica superior ermöglicht. Darmdrehungen nennt man **Volvulus**. Ein Volvulus des Dünndarms kann zur Einschränkung der Blutversorgung und damit zum Darminfarkt führen.

Bei manchen Patienten liegt das Zäkum im Mittelbauch. Vom Zäkum und von der rechten Seite des Kolons entwickeln sich Peritonealfalten **(Ladd-Bänder)**, die sich der rechten Unterfläche der Leber anheften und das Duodenum komprimieren können. Eine kleinere Darmdrehung sowie eine Obstruktion des Duodenums können die Folge sein. Eine notfallmäßige Operation zur Durchtrennung der Bänder ist erforderlich.

Abb. 4.81



Kleine Malrotation des Darms. Röntgen-aufnahme von Magen, Duodenum und Jejunum unter Verwendung von Barium.

Leber

Die Leber (Abb. 4.82) ist das größte Eingeweideorgan des Körpers. Sie befindet sich vor allem in der rechten Regio hypochondriaca sowie in der Regio epigastrica und erstreckt sich bis in das linke Hypochondrium (bzw. liegt im rechten oberen Quadranten und reicht bis in den linken oberen Quadranten).

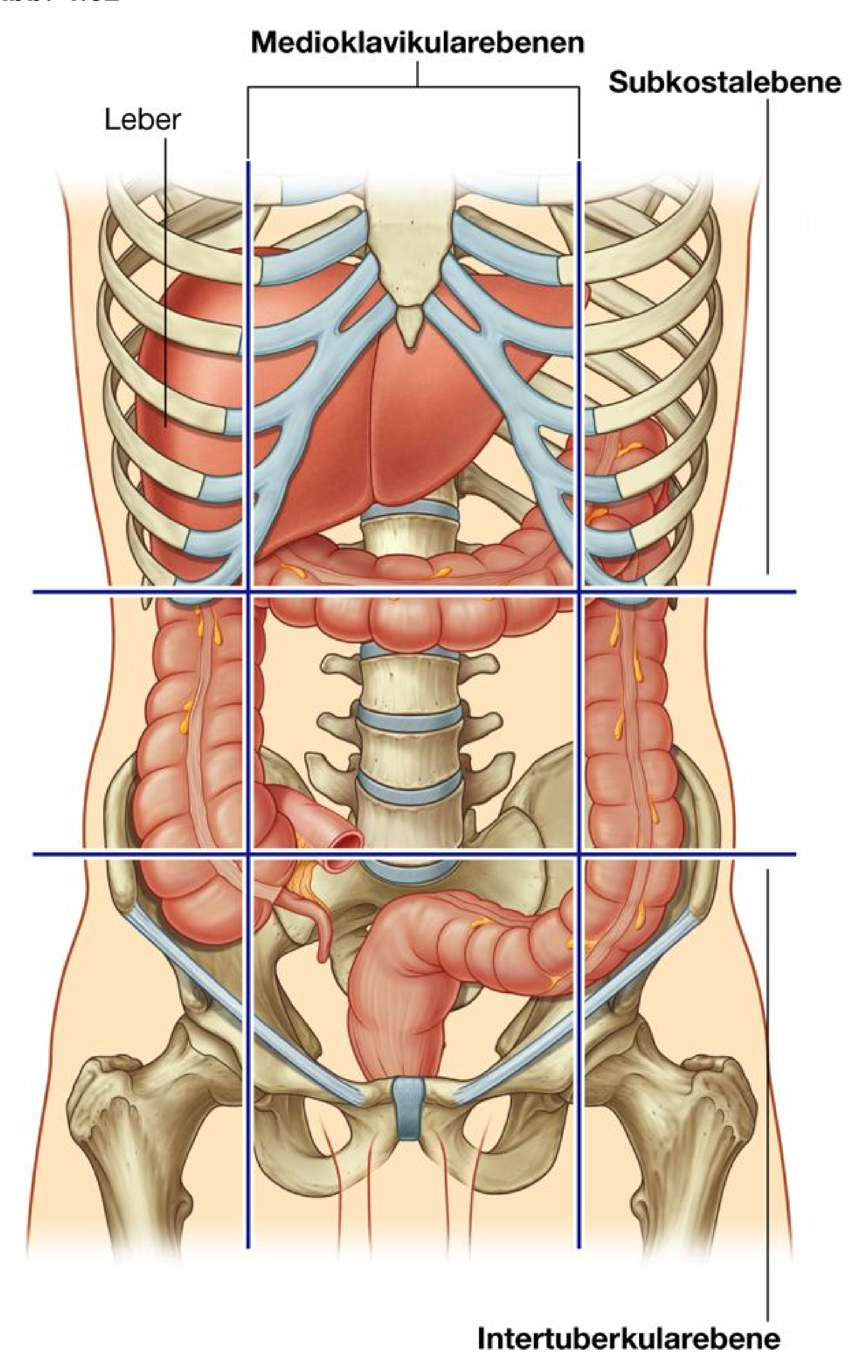
Die Oberflächen der Leber sind:

- **Facies diaphragmatica**, die nach ventral, kranial und dorsal reicht
- **Facies visceralis**, die sich kaudalwärts erstreckt (Abb. 4.83).

Facies diaphragmatica

Die glatte, gewölbte Facies diaphragmatica der Leber liegt der Zwerchfellunterfläche an (Abb. 4.84). Mit ihr sind die Recessus subphrenicus und hepatorenalis verbunden (Abb. 4.83):

Abb. 4.82

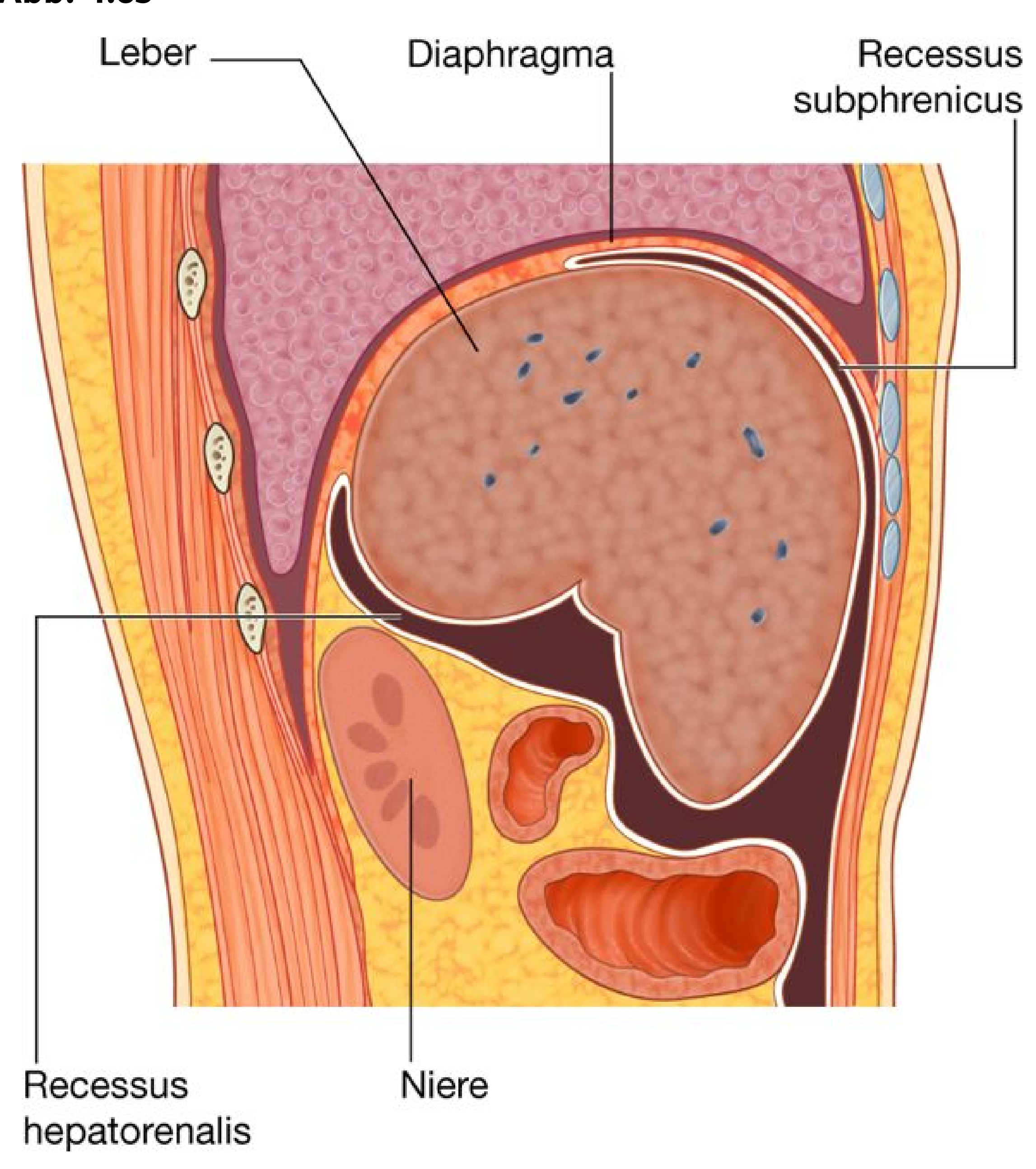


Lage der Leber im Abdomen.

- Der **Recessus subphrenicus** trennt die Facies diaphragmatica der Leber vom Zwerchfell und ist durch das **Ligamentum falciforme** – einer Struktur, die aus dem Mesenterium ventrale des Embryos hervorgeht – in einen rechten und einen linken Abschnitt unterteilt.
- Der **Recessus hepatorenalis** ist ein Teil der Peritonealhöhle auf der rechten Seite zwischen Leber, rechter Niere und rechter Nebenniere.

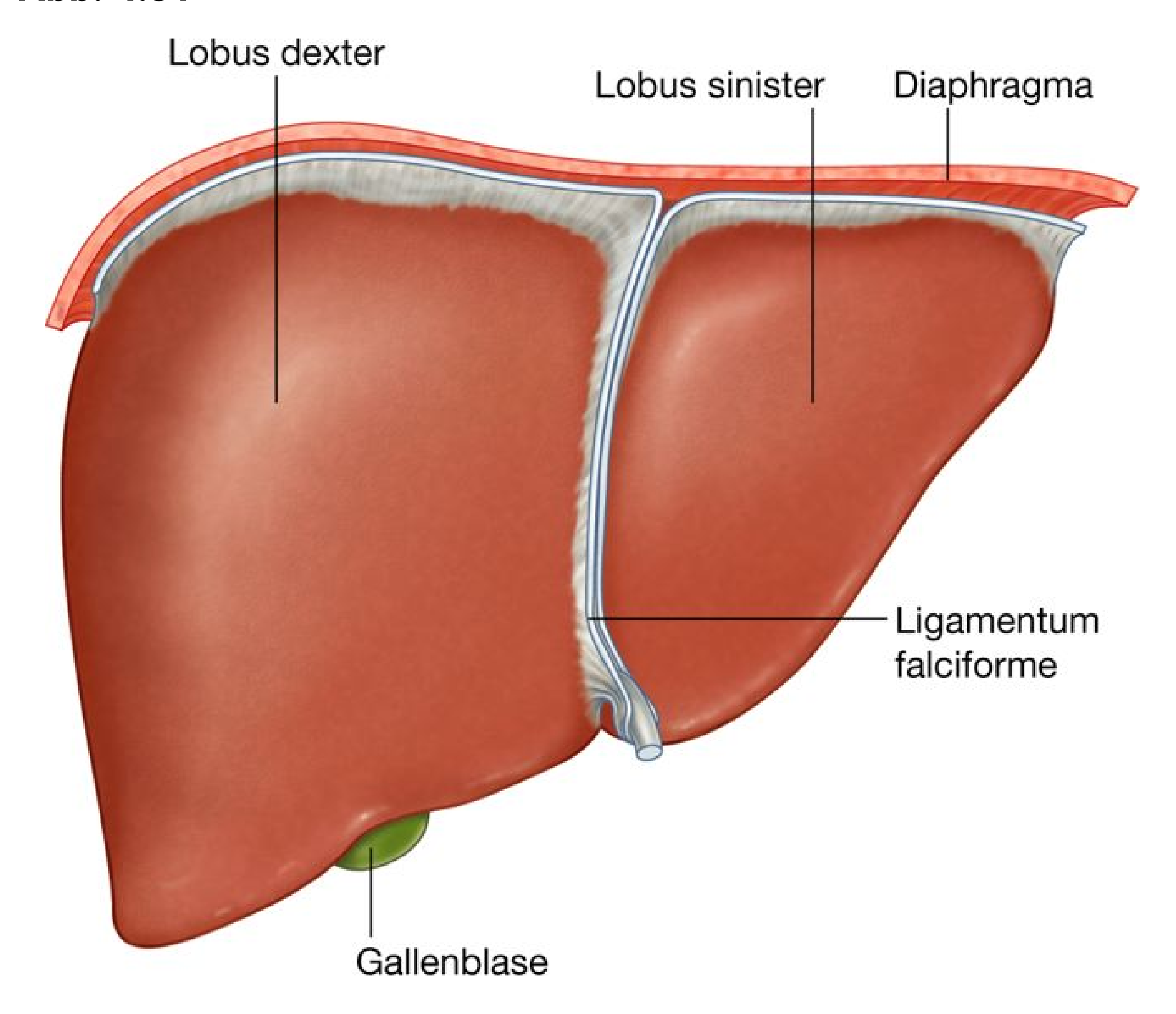
Recessus subphrenicus und Recessus hepatorenalis gehen ventral ineinander über.

Abb. 4.83



Oberflächen der Leber und Recessus im Bereich der Leber.

Abb. 4.84



Facies diaphragmatica der Leber.

293
294

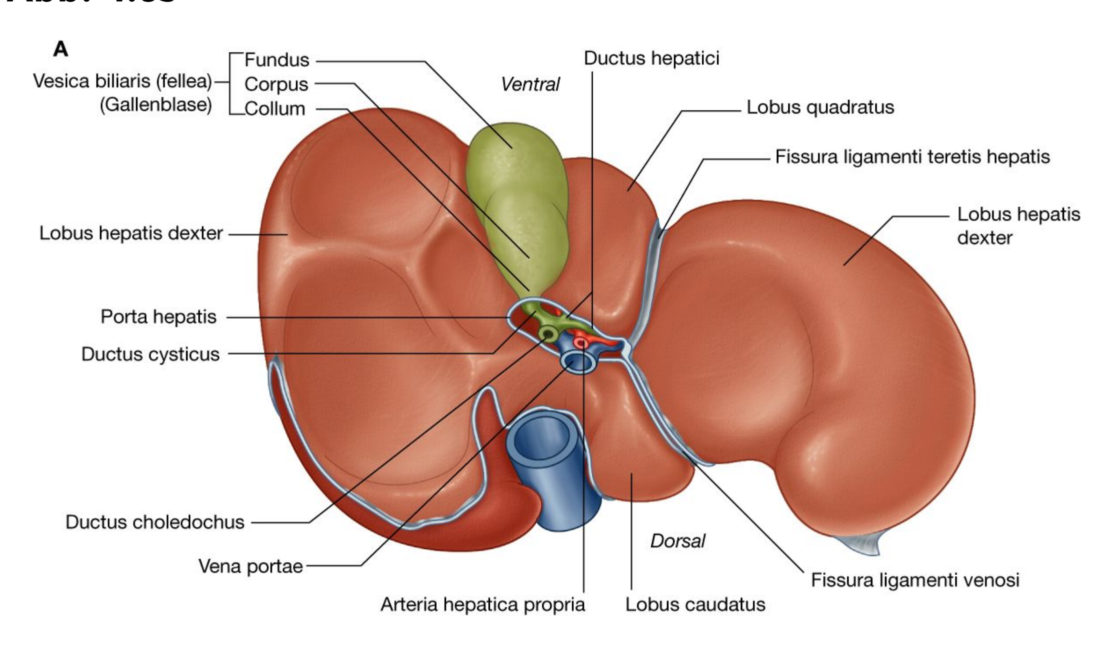
Facies visceralis

Die Facies visceralis der Leber ist mit Ausnahme der **Mulde für die Gallenblase** und der **Porta hepatis** (Leberpforte; Abb. 4.85) mit Peritoneum viscerale bedeckt. Ihr sind angelagert:

- rechter vorderer Magenanteil
- Pars superior duodeni
- Omentum minus
- Gallenblase
- Flexura coli dextra
- rechter Anteil des Colon transversum
- rechte Niere

- rechte Nebenniere.

Abb. 4.85





Facies visceralis der Leber. **A**. Zeichnung. **B**. Axiales Computertomogramm des Abdomens mit Kontrastmittel.

Die **Porta hepatis** ist die Eintrittsstelle für Arteriae hepaticae und Vena portae in die Leber sowie der Austrittsort für die Gallengänge (Abb. 4.85).

Assoziierte Bänder

Die Leber ist über das **Ligamentum falciforme** an der vorderen Bauchwand befestigt und abgesehen von einem Gebiet auf der Leber, das dem Zwerchfell anliegt **(Area nuda)** fast vollständig von Peritoneum viscerale bedeckt (Abb. 4.86). Zusätzliche Peritonealfalten verbinden die Leber mit dem Magen **(Ligamentum hepatogastricum)**, dem Duodenum **(Ligamentum hepatoduodenale)** und dem Diaphragma **(Ligamenta triangularia dextrum** und **sinistrum** sowie **Ligamenta coronaria anterius** und **posterius**).

Die Area nuda der Leber ist ein Bereich auf der Facies diaphragmatica, in dem Leber und Zwerchfell miteinander verwachsen sind (Abb. 4.86):

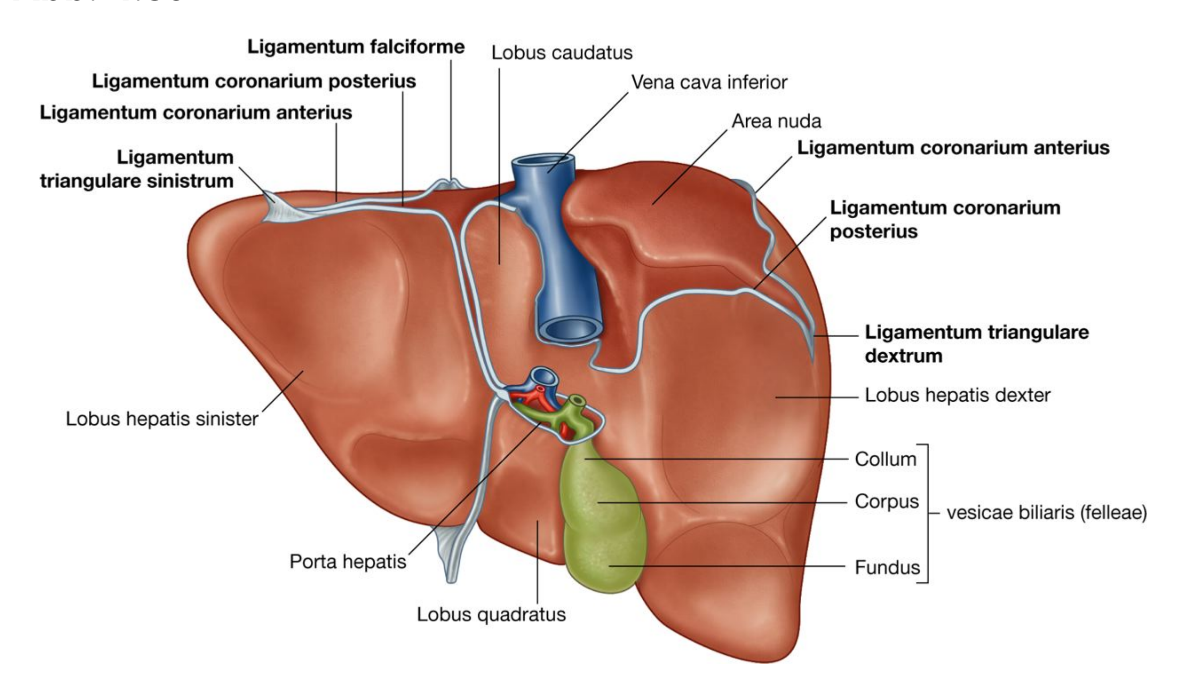
- Die ventrale Grenze der Area nuda ist durch das Umschlagen des Peritoneums gekennzeichnet (Ligamentum coronarium anterius).
- Die dorsale Grenze der Area nuda ist ebenfalls durch das Umschlagen des Peritoneums gekennzeichnet (Ligamentum coronarium posterius).
- An der Stelle, an der die Ligamenta coronaria seitlich aufeinander treffen, bilden sie die Ligamenta triangularia dextrum und sinistrum.

Lappen

Die Leber wird durch die Gallenblasenmulde (Fovea vesicae biliaris) sowie eine Furche für die Vena cava inferior in einen Lobus hepatis dexter und einen Lobus hepatis sinister unterteilt (Abb. 4.85). Der **Lobus hepatis dexter** ist ein einzelner großer Lappen; der **Lobus hepatis sinister** ist kleiner und umfasst zusätzlich die Lobi quadratus und caudatus:

- Der **Lobus quadratus** ist auf dem oberen Abschnitt der Facies visceralis der Leber sichtbar und wird links vom Ligamentum teres und rechts durch die Gallenblasenmulde begrenzt.
- Der **Lobus caudatus** ist im kaudalen Anteil der Facies visceralis der Leber sichtbar und wird links durch das Ligamentum venosum und rechts durch den Sulcus venae cavae inferioris begrenzt.

Abb. 4.86



Ansicht der Area nuda der Leber und der assoziierten Bänder von dorsal.

Gallenblase

Die **Gallenblase (Vesica biliaris [fellea])** ist ein birnenförmiger Sack, der auf der Facies visceralis des rechten Leberlappens in einer Mulde zwischen Lobus hepatis dexter und Lobus quadratus liegt (Abb. 4.85). Sie besteht aus:

- einem abgerundeten Ende **(Fundus vesicae biliaris)**, der über den Unterrand der Leber hinausragen kann
- einem Hauptteil **(Corpus vesicae biliaris)**, der in der Lebermulde liegt und dem Colon transversum sowie der Pars superior duodeni anliegen kann
- einem schmalen Hals **(Collum vesicae biliaris)** mit Mukosafalten, die sich spiralförmig durch den Halsteil ziehen.

Die Gallenblase nimmt Gallenflüssigkeit aus der Leber auf, dickt sie auf 10% des Volumens ein und gibt sie bei Bedarf in das Duodenum ab.

Pankreas

Das Pankreas liegt hauptsächlich dorsal vom Magen (Abb. 4.87 und 4.88). Es erstreckt sich über die hintere Bauchwand vom Duodenum auf der rechten Seite bis zur Milz auf der linken Seite.

Das Pankreas liegt mit Ausnahme eines kleinen Teils seiner Cauda (sekundär) retroperitoneal und besteht aus Caput, Processus uncinatus, Corpus und Cauda:

- Das **Caput pancreatis** liegt inmitten der C-förmigen Konkavität des Duodenums (duodenales C).

295

296

- Vom unteren Anteil des Caput ragt der **Processus uncinatus** vor, der dorsal von Arteria und Vena mesenterica superior liegt.
- Das **Collum pancreatis** liegt im Gegensatz zum Processus uncinatus ventral von Arteria und Vena mesenterica superior. Auf der Rückseite des Collum pancreatis vereinigen sich Vena mesenterica superior und Vena splenica und bilden so die Vena portae.
- Die **Cauda pancreatis** endet zwischen den Schichten des Ligamentum splenorenale.

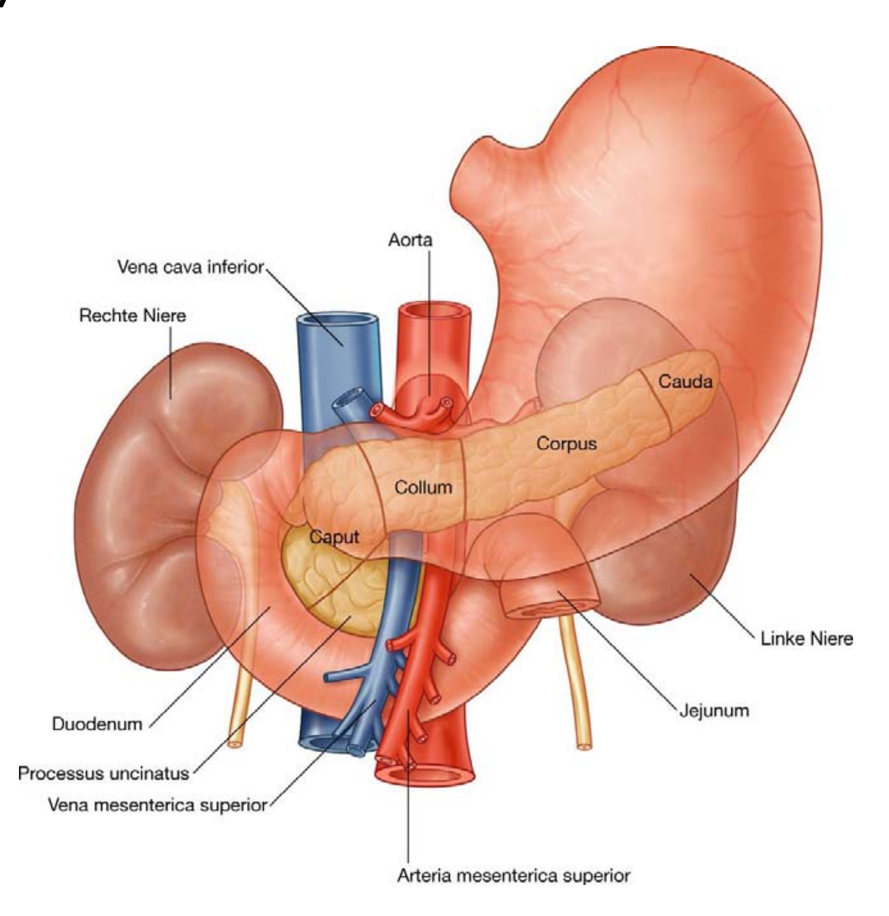
Der **Ductus pancreaticus (Wirsung-Gang)** beginnt in der Cauda pancreatis (Abb. 4.89). Er verläuft durch das Corpus pancreatis nach rechts und biegt nach Erreichen des Caput pancreatis leicht nach kaudal um. Im unteren Anteil des Caput pancreatis vereinigt sich der Ductus pancreaticus mit dem Ductus choledochus. Durch die Vereinigung der beiden Gänge entsteht die **Ampulla hepatopancreatica** (Ampulla Vateri), die auf der **Papilla duodeni major** in die Pars descendens duodeni mündet. Die Ampulle besitzt ein mukosales Falten(klappen)system sowie einen **Sphincter ampullae** (Sphincter Oddi, ringförmige Muskulatur), die einem Reflux aus dem Duodenum entgegenwirken.

Der **Ductus pancreaticus accessorius (Santorini-Gang)** kann variabel unmittelbar oberhalb oder einige Millimeter entfernt von der Papilla duodeni major auf der **Papilla duodeni minor** (Abb. 4.89) in das Duodenum einmünden. Oftmals fehlt die akzessorische Papille aber auch. Verfolgt man den Ductus pancreaticus accessorius ausgehend von der Papilla minor in das Caput pancreatis, stößt man auf eine Aufzweigung:

- Ein Ast setzt sich weiter durch das Caput pancreatis nach links fort und kann an der Stelle Verbindung zum Ductus pancreaticus major haben, an der dieser nach unten umbiegt (etwa 30% der Fälle).
- Ein zweiter Ast zieht ventral vom Ductus pancreaticus abwärts in den unteren Anteil des Caput pancreatis und in den Processus uncinatus.

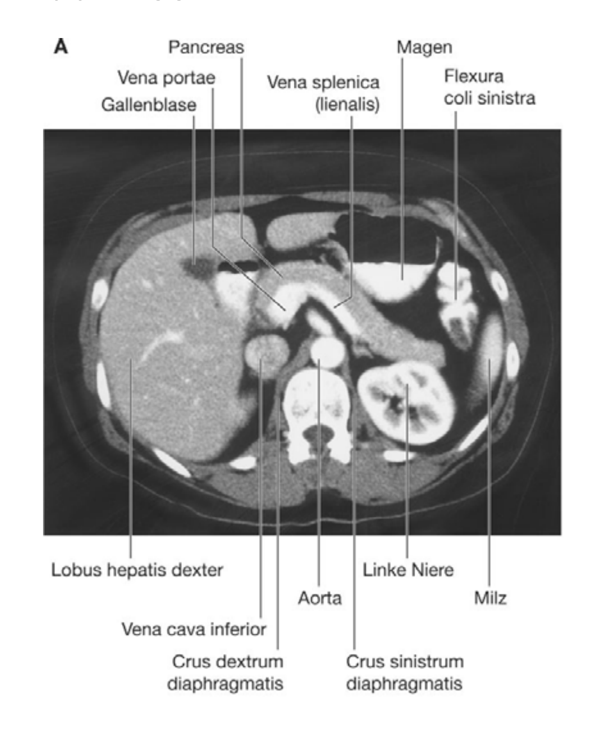
Ductus pancreaticus major und Ductus pancreaticus accessorius kommunizieren in der Regel miteinander. Die Existenz der zwei Gänge spiegelt den embryologischen Ursprung des Pankreas aus dem Entoderm der Duodenalanlage mit einer ventralen und einer dorsalen Pankreasanlage wider. Das ventrale Pankreas (aus dem der Processus uncinatus hervorgeht) verschmilzt von hinten mit dem dorsalen Pankreas. Aus der Verschmelzung der sich überkreuzenden Gänge geht die gemeinsame Einmündung von Pankreasgang und Ductus choledochus hervor (Papilla duodeni major). Der ursprüngliche Gang des dorsalen Pankreas kann als akzessorische Einmündung erhalten bleiben (Papilla duodeni minor).

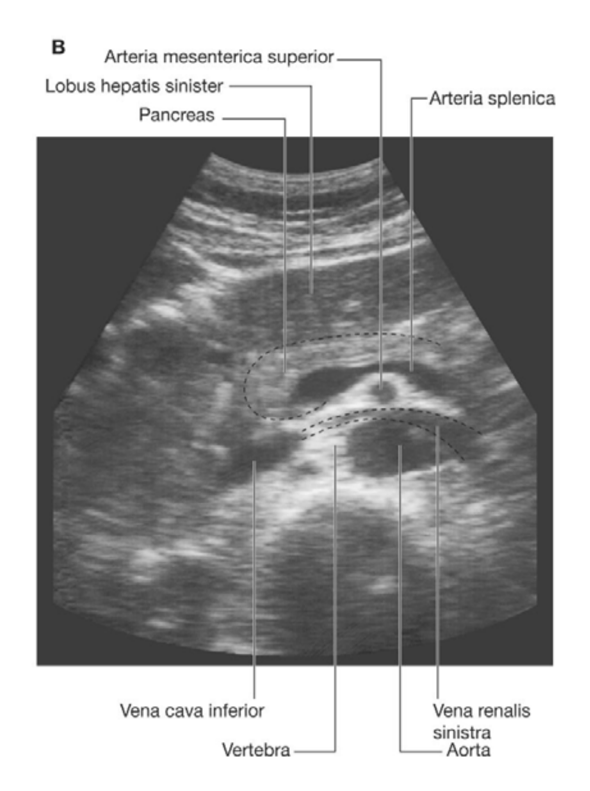
Abb. 4.87



Pankreas.

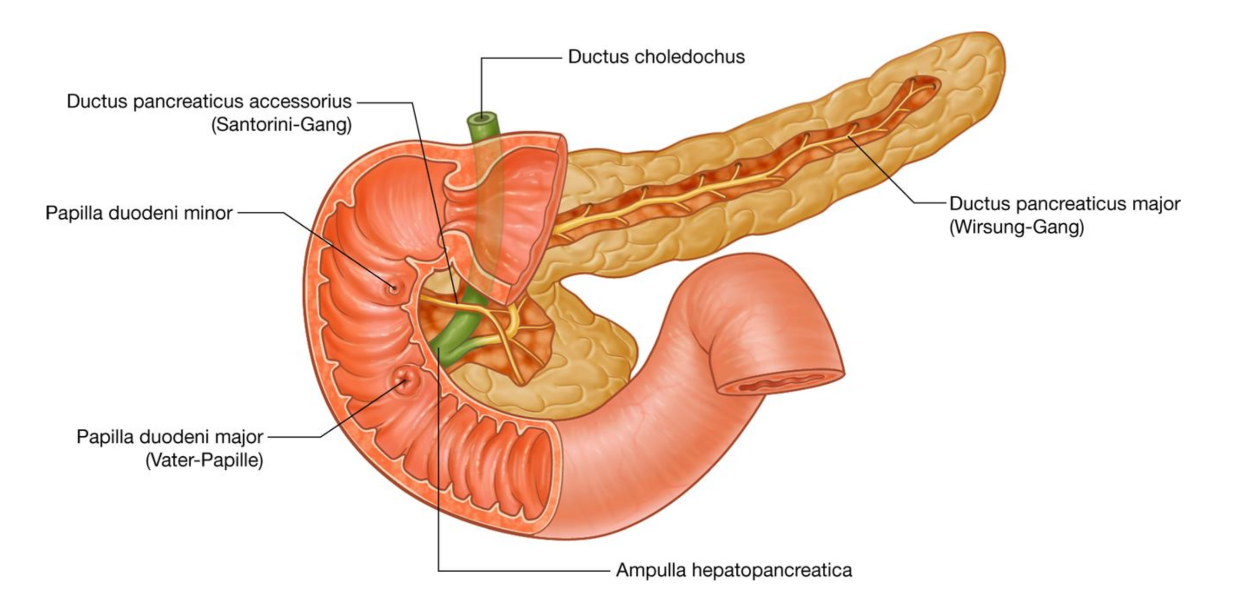
Abb. 4.88





Aufnahmen des Abdomens. **A**. Axiales Computertomogramm des Abdomens mit Kontrastmittel. **B**. Ultraschallbild des Abdomens.

Abb. 4.89



Gangsystem des Pankreas.

Klinik

Pancreas anulare

Das Pankreas entwickelt sich aus einer ventralen und einer dorsalen Anlage des Kopfdarms. Die dorsale Knospe bildet den größten Teil des Kopfes, den Hals, den Körper und den Schwanz des Pankreas. Die ventrale Knospe rotiert um den Ductus choledochus und bildet so den übrigen Teil des Kopfes und den Processus uncinatus. Kommt es zu einer Spaltung der ventralen Anlage, können die beiden Segmente das Duodenum einmauern und zu einer Stenose bis hin zu einer Atresie (d. h. das Duodenum fehlt aufgrund einer Entwicklungsstörung) führen. Nach der Geburt leidet das Kind an Gedeihstörung und Erbrechen, da der Magen schlecht entleert wird.

Manchmal wird ein Pancreas anulare mittels Ultraschall bereits in utero diagnostiziert. Die Obstruktion des Duodenums verhindert, dass der Fetus ausreichend Fruchtwasser schluckt, wodurch die Gesamtmenge an Fruchtwasser, das den Fetus in der Fruchtblase umgibt, ansteigt **(Polyhydramnion)**.

Gallengangsystem

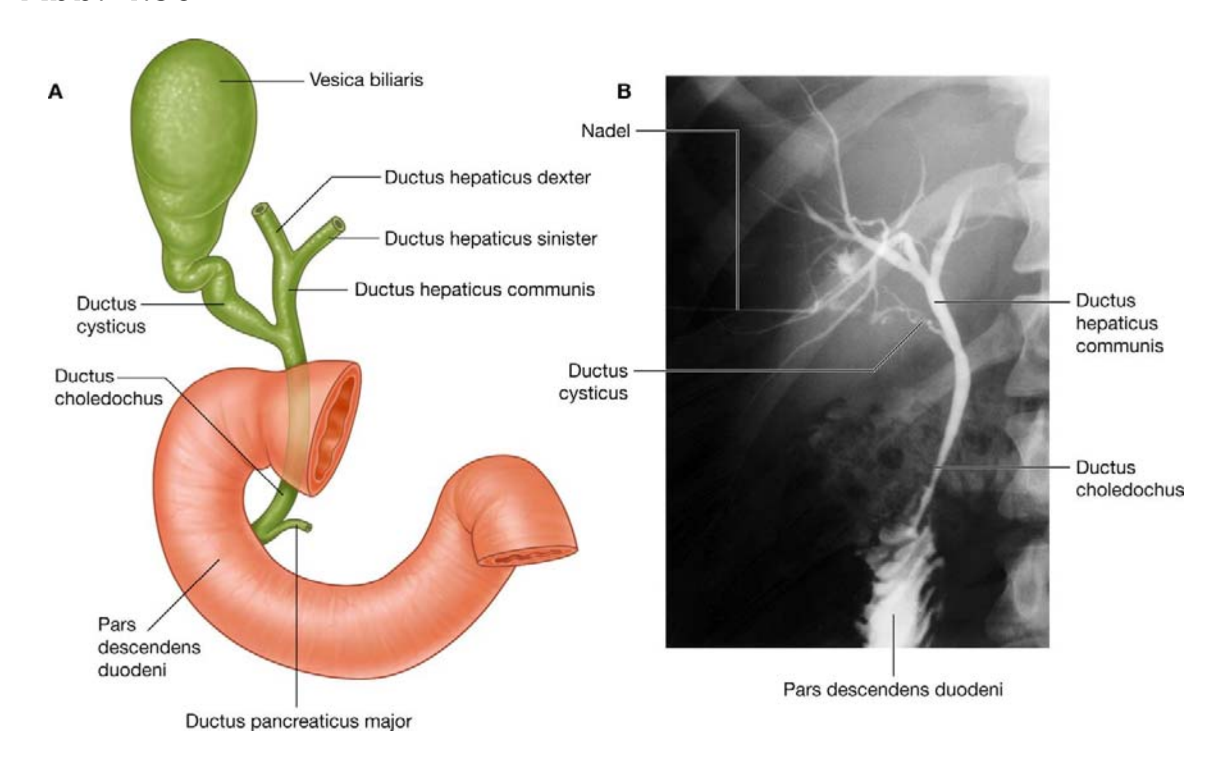
Das Gangsystem für den Transport der Galle beginnt in der Leber mit den Gallenkanälchen (Canaliculi biliferi). Die Galle gelangt über kurze Schaltstücke (Hering-Kanälchen) in interlobuläre Gallengänge (Ductuli biliferi). Die Vereinigung der Gänge beginnt innerhalb des Leberparenchyms und setzt sich bis zur Bildung von **Ductus hepaticus dexter** und **Ductus hepaticus sinister** fort. Die beiden Gänge führen die Galle aus den entsprechenden Leberlappen.

Die beiden Ductus hepatici vereinigen sich zum **Ductus hepaticus communis**, der nahe der Leber zusammen mit der Arteria hepatica propria und der Vena portae durch den freien Rand des Omentum minus verläuft.

Auf seinem kaudalwärts gerichteten Verlauf schließt sich dem Ductus hepaticus communis der **Ductus cysticus** aus der Gallenblase an. Beide Gänge vereinigen sich zum **Ductus choledochus**. An der Vereinigungsstelle liegt der Ductus choledochus im freien Rand des Omentum minus rechts von der Arteria hepatica propria und normalerweise rechts und vor der Vena portae. Das **Foramen omentale** befindet sich an dieser Stelle dorsal der Strukturen.

Der Ductus choledochus verläuft weiter abwärts und passiert dabei dorsal die Pars superior duodeni, bevor er sich mit dem Ductus pancreaticus vereinigt und daraufhin an der Papilla duodeni major in die Pars descendens duodeni mündet (Abb. 4.90).

Abb. 4.90



Gallenabfluss. **A**. Gangsystem für den Gallentransport. **B**. Perkutane transhepatische Cholangiographie des Gallengangsystems.

298
299

Milz

Die Milz entwickelt sich als Teil des Gefäßsystems in dem Teil des Mesenterium dorsale, das den sich entwickelnden Magen an der Bauchwand befestigt. Beim Erwachsenen liegt die Milz dem Zwerchfell auf Höhe der 11. bis 12. Rippe an (Abb. 4.91). Sie liegt daher im linken oberen Quadranten bzw. im linken Hypochondrium des Abdomens.

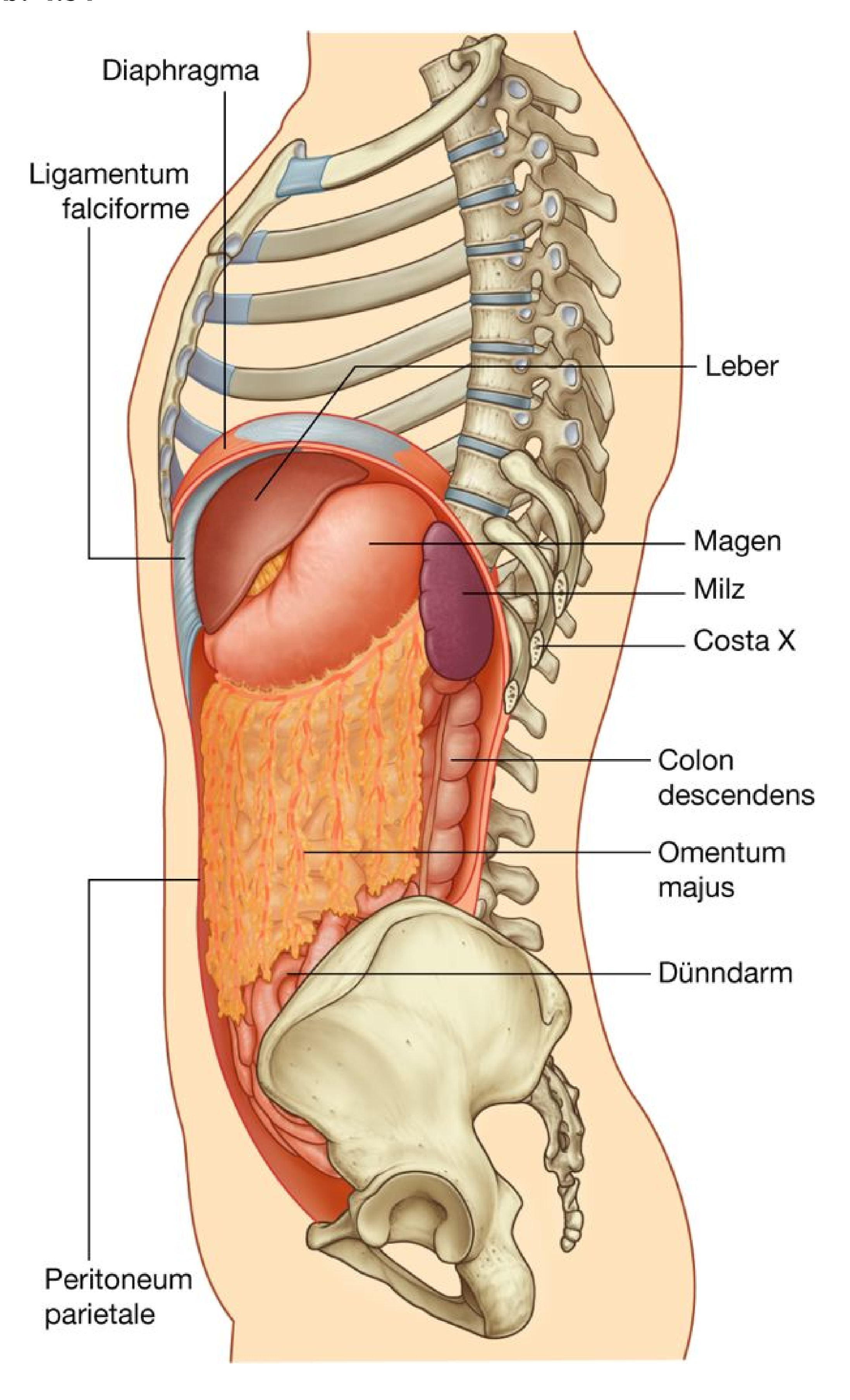
Die Milz ist verbunden:

- mit der großen Kurvatur des Magens über das Ligamentum gastrosplenicum, das Arteriae und Venae gastricae breves sowie Arteriae und Venae gastroomentales enthält
- mit der linken Niere über das Ligamentum splenorenale (Abb. 4.92), das Arteria und Vena splenica enthält.

Beide Bänder sind Teil des Omentum majus.

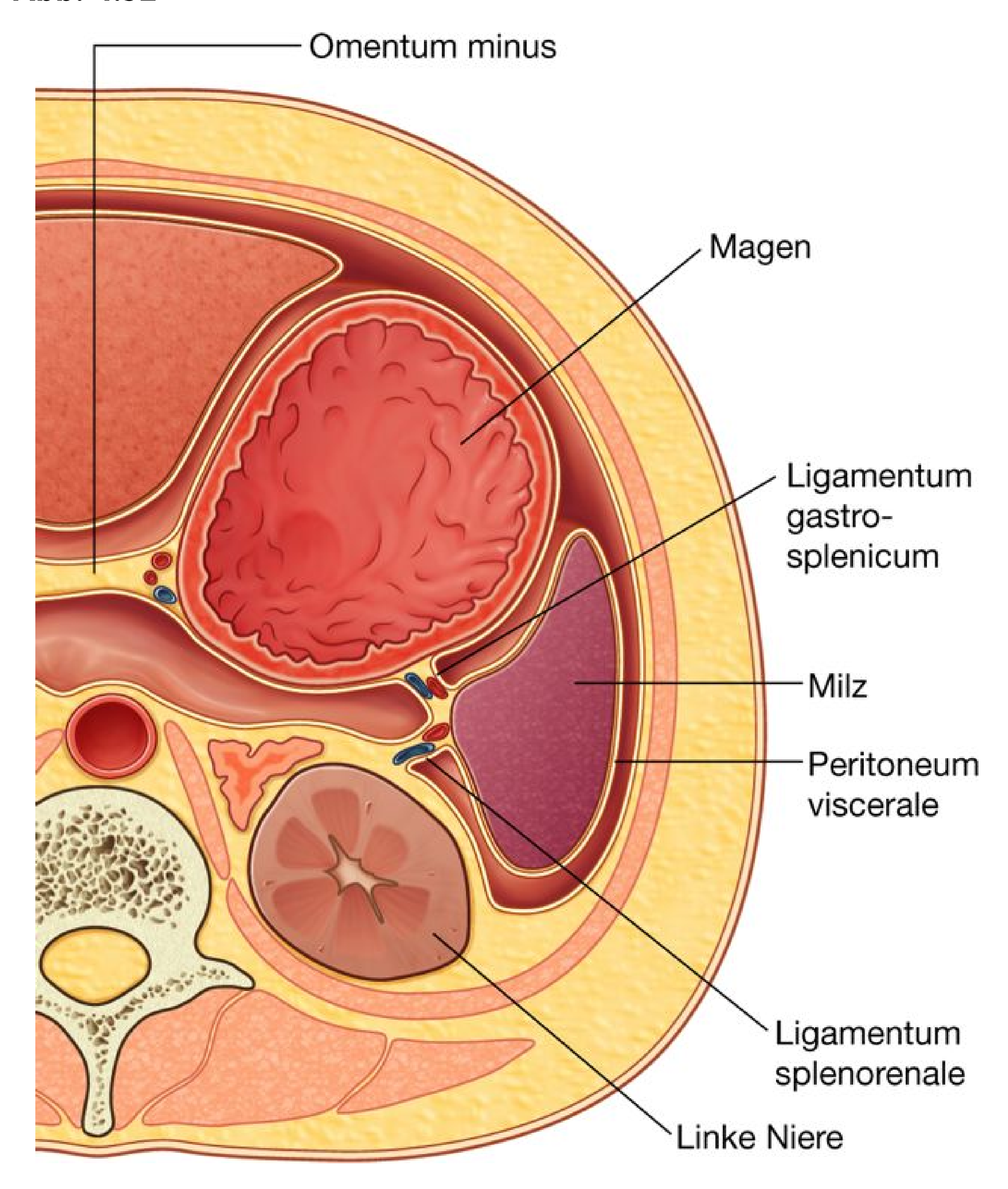
Die Milz wird mit Ausnahme des Hilums auf der medialen Milzoberfläche von Peritoneum viscerale bedeckt (Abb. 4.93). Das **Hilum splenicum (lienale)** ist der Eintrittsort der Milzgefäße. Oftmals reicht der Pankreasschwanz bis zum Milzhilum.

Abb. 4.91


Diaphragma
Ligamentum falciforme
Leber
Magen
Milz
Costa X
Colon descendens
Omentum majus
Dünndarm
Peritoneum parietale

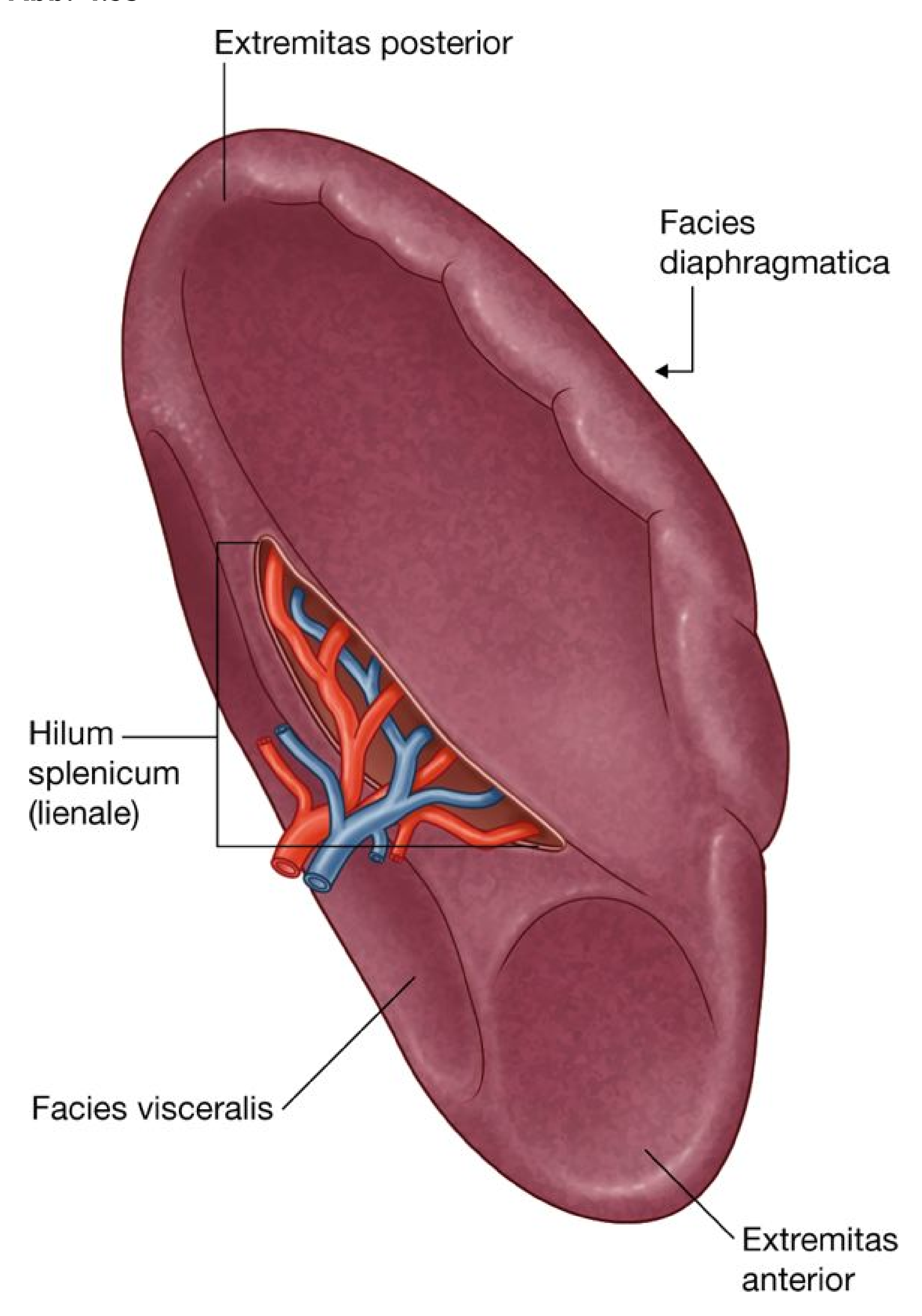
Milz.

Abb. 4.92



Milzbänder und in ihnen verlaufende Gefäße.

Abb. 4.93



Oberflächen und Milzhilum.

Klinik

Klinisch-anatomische Segmente der Leber

Beim Betrachten der Leberoberfläche ist es schwer möglich, sich die Komplexität der inneren Architektur vorzustellen. Zudem ist zunächst nicht ersichtlich, an welchen Stellen die Leber unterteilt ist. Die Kenntnis der „chirurgischen Anatomie“ der Leber ist jedoch von großer Bedeutung, da sie es dem Operateur ermöglicht, komplexe Resektionen ohne bedeutenden Blutverlust durchzuführen.

Die Leber wird durch eine **Hauptebene** in zwei Hälften von etwa gleicher Größe unterteilt. Diese Ebene ist durch eine gedachte parasagittale Linie definiert, die von der Gallenblase zur Vena cava inferior verläuft, und teilt die Leber in die eigentlichen anatomischen linken und rechten Hälften (es ist wichtig, zwischen den Hälften der Leber und den Lebersegmenten zu unterscheiden).

Die Leber wird anhand des Verzweigungsmusters von Arteria hepatica, Vena portae und Gallengängen weiter in acht Segmente unterteilt. Die Nummerierung der Segmente, die weltweit standardisiert ist, erfolgt willkürlich. Der Lobus caudatus (Segmentum posterius I) ist als Segment I definiert; die restlichen Segmente sind Segmentum posterius laterale sinistrum (II), Segmentum anterius laterale sinistrum (III), Segmentum mediale sinistrum (IVa oben und IVb unten), Segmentum anterius mediale dextrum (V), Segmentum anterius laterale dextrum (VI), Segmentum posterius laterale dextrum (VII) und Segmentum posterius mediale dextrum (VIII).

Klinik

Gallensteine

Etwa 10% aller Menschen im Alter über 40 Jahre weisen Gallensteine auf (Frauen häufiger). Sie bestehen aus verschiedenen Substanzen, vor allem Cholesterin und Gallenpigmenten. Sie können verkalken und sind dann auf konventionellen Röntgenaufnahmen sichtbar. Gallensteine können zufällig im Rahmen einer Routine-Utraschalluntersuchung des Abdomens oder auf einem einfachen Röntgenbild auffallen (Abb. 4.94).

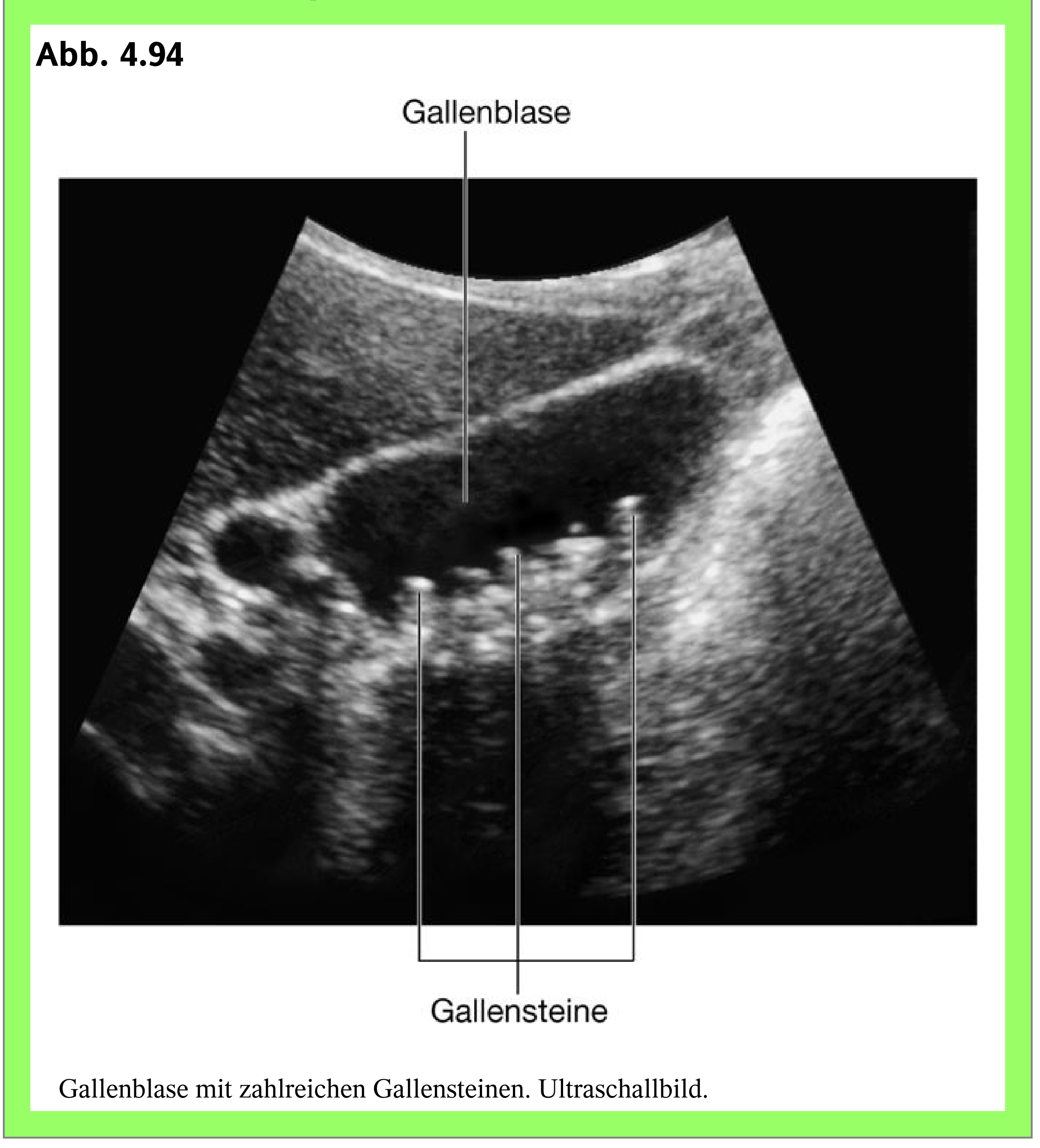
Hin und wieder geraten Gallensteine in die **Hartmann-Tasche**, einen bulbösen Abschnitt des Gallenblasenhalses. Wird der Gallenstein in diesem Bereich eingeklemmt, kann sich die Gallenblase nicht wie gewöhnlich entleeren, und die Kontraktion der Gallenblasenwand erzeugt starke kolikartige und gürtelförmig ausstrahlende Schmerzen. Dauert der Zustand an, wird eine **Cholezystektomie** (Entfernung der Gallenblase) erforderlich.

Manchmal entzündet sich die Gallenblase **(Chole-zystitis)**. Betrifft die Entzündung das benachbarte Peritonum parietale des Zwerchfells, kann nicht nur ein Schmerz im oberen rechten Quadranten des Abdomens auftreten, sondern der Schmerz kann zusätzlich in die rechte Schultergegend ausstrahlen. Der ausstrahlende Schmerz beruht auf der Innervation

des Peritoneum parietale am Diaphragma über die Rückenmarksebenen C3 bis C5, die zugleich die Haut der Schulter innervieren. In diesem Fall wird eine somatosensible Region mit weniger sensiblem Output (Diaphragma) auf eine weitere somatosensible Region mit sehr sensiblem Output (Dermatome) übertragen (übertragener Schmerz).

Hin und wieder gelangen kleine Gallensteine in den Ductus choledochus und werden dann im Bereich des Sphincter ampullae eingeklemmt. Hierdurch wird der Gallefluss in das Duodenum behindert. Komplikationen können ein Ikterus und eine Pankreatitis sein.

Abb. 4.94



Gallenblase mit zahlreichen Gallensteinen. Ultraschallbild.

300

301

Klinik

Ikterus

Der Ikterus ist eine gelbe Verfärbung der Haut, die durch eine erhöhte Menge an Gallenpigment (Bilirubin) im Blutplasma entsteht. Die Gelbverfärbung ist am besten an den normalerweise weißen Skleren der Augen sichtbar.

Ausmaß und Dauer der Erhöhung der Gallenfarbstoffe bestimmen die Schwere des Ikterus.

Vereinfachte Darstellung zum Verständnis der Ikterusarten und ihrer anatomischen Ursachen.

Werden rote Blutkörperchen durch das retikuloendo-theliale System zerstört, wird das Eisen aus dem Hämoglobinmolekül wiederverwendet (recycled); der Porphyrinring (Globinmolekül) wird zu fettlöslichem Bilirubin abgebaut. Nachdem das fettlösliche Bilirubin über den Blutweg die Leber erreicht hat, wird es dort in eine wasserlösliche Form umgewandelt. Dieses wasserlösliche Bilirubin wird in das Gallengangsystem und weiter in den Dünndarm transportiert. Im Dünndarm ist es für die braune Färbung des Stuhls verantwortlich.

Prähepatischer Ikterus Diese Art des Ikterus entsteht, wenn plötzlich sehr viele Erythrozyten zerfallen (z. B. bei einer inkompatiblen Blutransfusion oder im Rahmen einer hämolytischen Anämie).

Hepatischer Ikterus

Die komplexen biochemischen Reaktionen, die der Umwandlung von fettlöslichem in wasserlösliches Bilirubin dienen, können bei entzündlichen Veränderungen der Leber (z. B. aufgrund einer Hepatitis oder einer chronischen Lebererkrankung wie der Leberzirrhose) oder bei Vergiftungen (z. B. Überdosis an Paracetamol) beeinträchtigt sein.

Posthepatischer Ikterus Jede Verlegung des Gallengangsystems kann einen Ikterus erzeugen. Die beiden häufigsten Ursachen sind Gallensteine innerhalb des Ductus choledochus oder ein komprimierender Tumor des Pankreaskopfes.

Klinik

Milzerkrankungen

Aus klinischer Sicht gibt es zwei wichtige Milzerkrankungen: Ruptur und Vergrößerung.

Milzruptur

Eine Milzruptur tritt meist nach einem lokalen Trauma im oberen linken Quadranten auf. Mit der Ruptur können Frakturen der linken unteren Rippen einhergehen. Da die Milz nur eine dünne Kapsel besitzt, kann sie selbst dann rupturieren, wenn alle umgebenden Strukturen intakt bleiben. Da die Milz reichlich vaskularisiert ist, blutet sie nach einer Ruptur stark in die Peritonealhöhle. Eine Milzruptur sollte nach einem dumpfen Abdominaltrauma immer ausgeschlossen werden. Therapeutisch wird versucht, so viel von der Milz wie möglich zu erhalten; oftmals ist aber eine komplette Splenektomie unausweichlich.

Milzvergrößerung

Die Milz ist ein Organ des retikuloendothelialen Systems. Erkrankungen, die sich auf das retikuloendothelilale System auswirken (z. B. Leukämie, Lymphome und bestimmte Infektionen) können eine generelle Lymphadenopathie und eine teilweise massive Milzvergrößerung **(Splenomegalie)** hervorrufen.

Arterielle Versorgung

Die **Aorta abdominalis** beginnt vor dem Unterrand des 12. Thorakalwirbels am Hiatus aorticus des Zwerchfells (Abb. 4.95). Sie zieht vor den Wirbelkörpern durch das Abdomen hinab und endet etwas links neben der Mittellinie auf Höhe des 4. Lendenwirbels (L4). Die Endäste der Aorta abdominalis sind die beiden **Arteriae iliacae communes**.

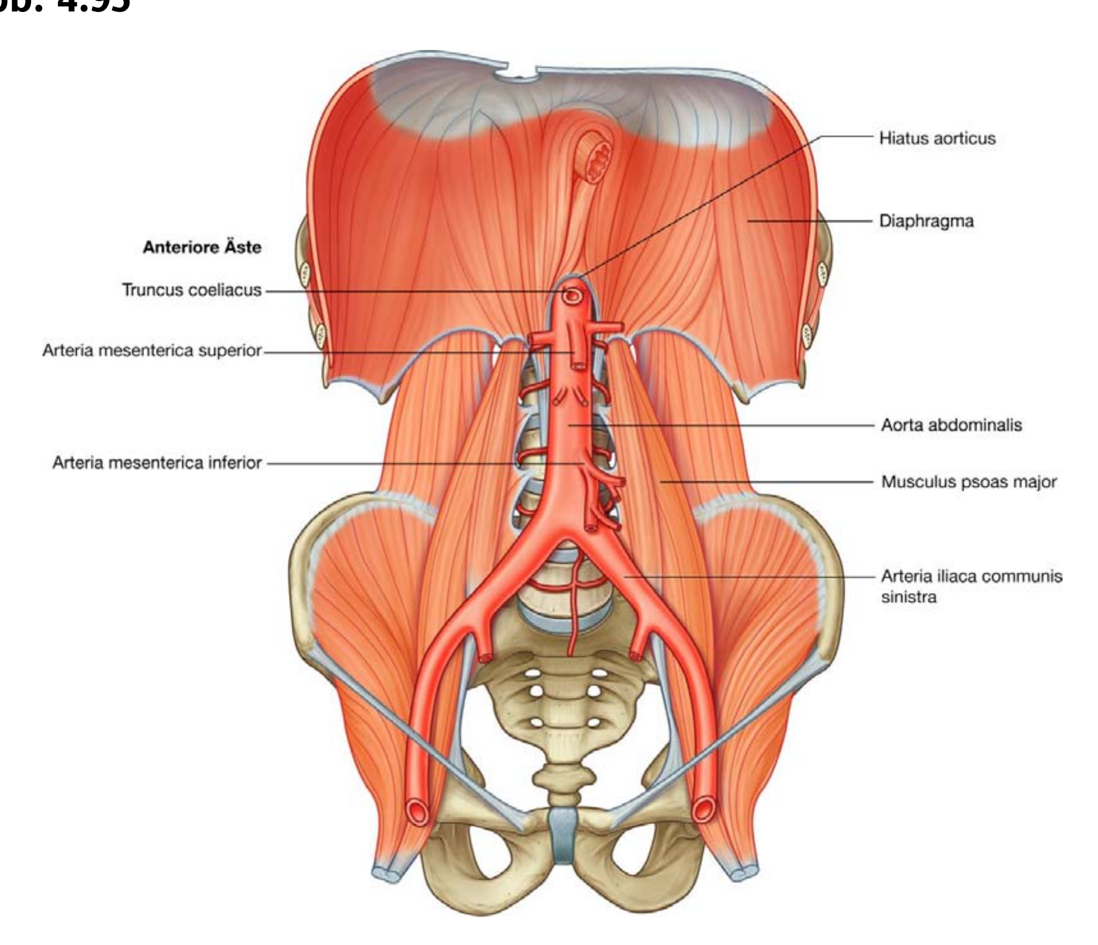
Ventrale Äste der Aorta abdominalis

Die Aorta abdominalis gibt in ihrem Verlauf durch die Bauchhöhle ventrale, laterale und dorsale Äste ab. Die gastrointestinalen Eingeweide werden von drei unpaaren ventralen Gefäßstämmen versorgt: dem **Truncus coeliacus**, der **Arteria mesenterica superior** und der **Arteria mesenterica inferior** (Abb. 4.95).

301

302

Abb. 4.95



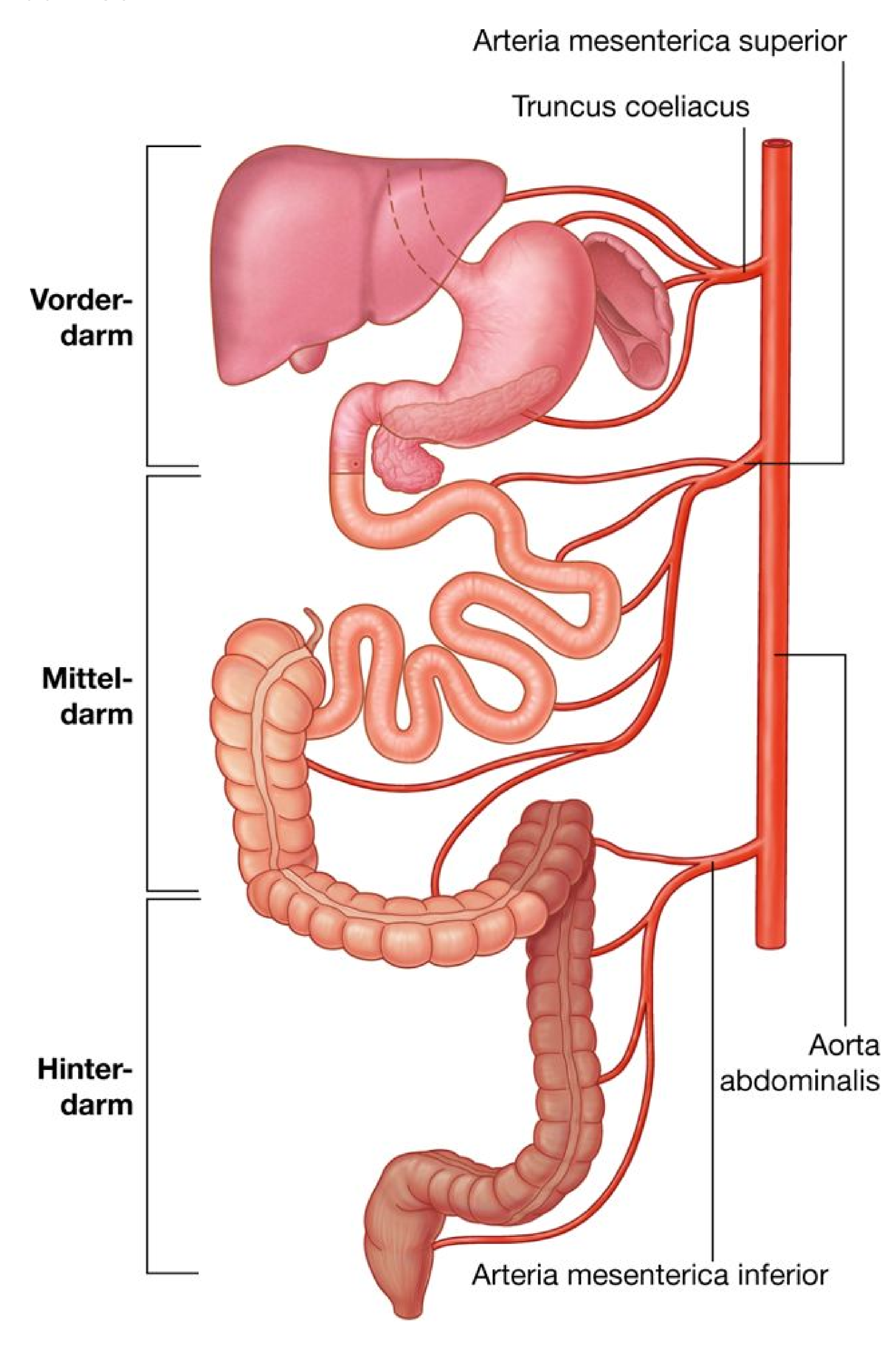
Anteriore Äste der Aorta abdominalis.

Das primitive Darmrohr wird in den Vorderdarm, den Mitteldarm und den Hinterdarm eingeteilt. Die Grenzen der drei Abschnitte stehen in direkter Beziehung zur Verteilung der arteriellen Blutversorgung der drei ventralen Äste der Aorta abdominalis (Abb. 4.96):

- Der **Vorderdarm** beginnt am abdominalen Ösophagus und endet ungefähr in der Mitte der Pars descendens duodeni direkt unterhalb der Papilla duodeni major. Zu ihm gehören der abdominale Anteil des Ösophagus, der Magen, das Duodenum oberhalb der Papilla duodeni major, die Leber, das Pankreas und die Gallenblase. Die Milz entwickelt sich ebenfalls gemeinsam mit dem vorderen Anteil des Vorderdarms. Der Vorderdarm wird über den Truncus coeliacus mit Blut versorgt.
- Der **Mitteldarm** beginnt in der Pars descendens duodeni direkt unterhalb der Papilla duodeni major und endet am Übergang zwischen den proximalen zwei Dritteln und dem distalen Drittel des Colon transversum. Zum Mitteldarm gehören das Duodenum unterhalb der Papilla duodeni major, das Jejunum, das Ileum, das Zäkum, die Appendix, das Colon ascendens und die rechten zwei Drittel des Colon transversum. Der Mitteldarm wird über die Arteria mesenterica superior mit Blut versorgt (Abb. 4.96).
- Der **Hinterdarm** beginnt direkt vor der Flexura coli sinistra (am Übergang zwischen proximalen zwei Dritteln und distalem Drittel des Colon transversum) und endet etwa in der Mitte des Analkanals. Zum Hinterdarm gehören das linke Drittel des Colon transversum, das Colon descendens, das Colon sigmoideum, das Rektum und der obere Anteil des Analkanals. Der Hinterdarm wird über die Arteria mesenterica inferior mit Blut versorgt (Abb. 4.96).

302

Abb. 4.96



Einteilung des Gastrointestinaltrakts in Vorderdarm, Mitteldarm und Hinterdarm; Zusammenfassung der primären, arteriellen Blutversorgung jedes Segments.

Truncus coeliacus

Der Truncus coeliacus ist der ventrale Ast der Aorta abdominalis, der den Vorderdarm mit Blut versorgt. Direkt unterhalb des Hiatus aorticus des Zwerchfells entspringt er vor dem oberen Anteil des 1. Lendenwirbelkörpers (Abb. 4.97) und teilt sich sofort in seine drei Äste: Arteria gastrica sinistra, Arteria splenica und Arteria hepatica communis.

Arteria gastrica sinistra

Die **Arteria gastrica sinistra** ist der kleinste Ast des Truncus coeliacus. Sie zieht hinauf zum kardioösophagealen Übergang und gibt einige **Rami oesophageales** zum abdominalen Anteil der Speiseröhre ab (Abb. 4.97). Einige der Äste ziehen durch den Hiatus aorticus des Zwerchfells hinauf und anastomosieren mit Rami oesophageales der Aorta thoracica. Die Arteria gastrica sinistra selbst verläuft zur rechten Magen-seite und zieht im Omentum minus an der Curvatura minor des Magens kaudalwärts. Sie versorgt beide Seiten des Magens in dieser Region und anastomosiert mit der Arteria gastrica dextra.

Arteria splenica

Die **Arteria splenica** ist der größte Ast des Truncus coeliacus und hat entlang dem Oberrand der Bauchspeicheldrüse einen gewundenen Verlauf (Abb. 4.97). Sie durchzieht das Ligamentum splenorenale und teilt sich in zahlreiche Äste, die am Milzhilum in die Milz eintreten. Die Arterie gibt in ihrem Verlauf am Oberrand der Bauchspeicheldrüse zahlreiche kleine Äste zu Collum, Corpus und Cauda pancreatis ab (Abb. 4.98).

Nahe der Milz gibt die Arteria splenica mehrere **Arteriae gastricae breves** ab, die durch das Ligamentum gastrosplenicum in den Fundus des Magen übertreten. Außerdem entspringt aus ihr die **Arteria gastroomentalis (gastroepiploica) sinistra**, die zur großen Kurvatur (Curvatura major) des Magens nach rechts zieht und mit der Arteria gastro-omentalis (gastroepiploica) dextra anastomosiert.

Arteria hepatica communis

Die **Arteria hepatica communis** ist ein mittelgroßer Ast des Truncus coeliacus, der nach rechts zieht und sich dann in seine beiden Endäste, die **Arteria hepatica propria** und die **Arteria gastroduodenalis**, aufteilt (Abb. 4.99).

Die Arteria hepatica propria zieht am freien Rand des Omentum minus in Richtung Leber. Sie verläuft links zunächst neben dem Ductus choledochus und weiter kranial neben dem Ductus hepaticus communis sowie vor der Pfortader und teilt sich nahe der Leberpforte in einen **Ram us dexter** und einen **Ramus sinister**.

An der Stelle, an der sich der Ramus dexter der Arteria hepatica propria der Leber nähert, gibt er die Arteria cystica zur Gallenblase ab.

Die Arteria gastroduodenalis kann eine **Arteria supraduodenalis** abgeben, bevor sie hinter dem oberen Anteil des Duodenums nach kaudal zieht. Am Unterrand des oberen Anteils des Duodenums teilt sich die Arteria gastroduodenalis in ihre beiden Endäste, **Arteria gastroomentalis (gastroepiploica) dextra** und **Arteria pancreaticoduodenalis superior** (Abb. 4.98).

Die Arteria gastroomentalis (gastroepiploica) dextra zieht entlang der Curvatura major des Magens nach links und kann mit der Arteria gastroomentalis (gastroepiploica) sinistra aus der Arteria splenica anastomosieren. Die Arteria gastroomentalis (gastroepiploica) dextra gibt Äste zu beiden Seiten des Magens sowie zusätzliche Äste ab, die am Omentum majus hinabziehen.

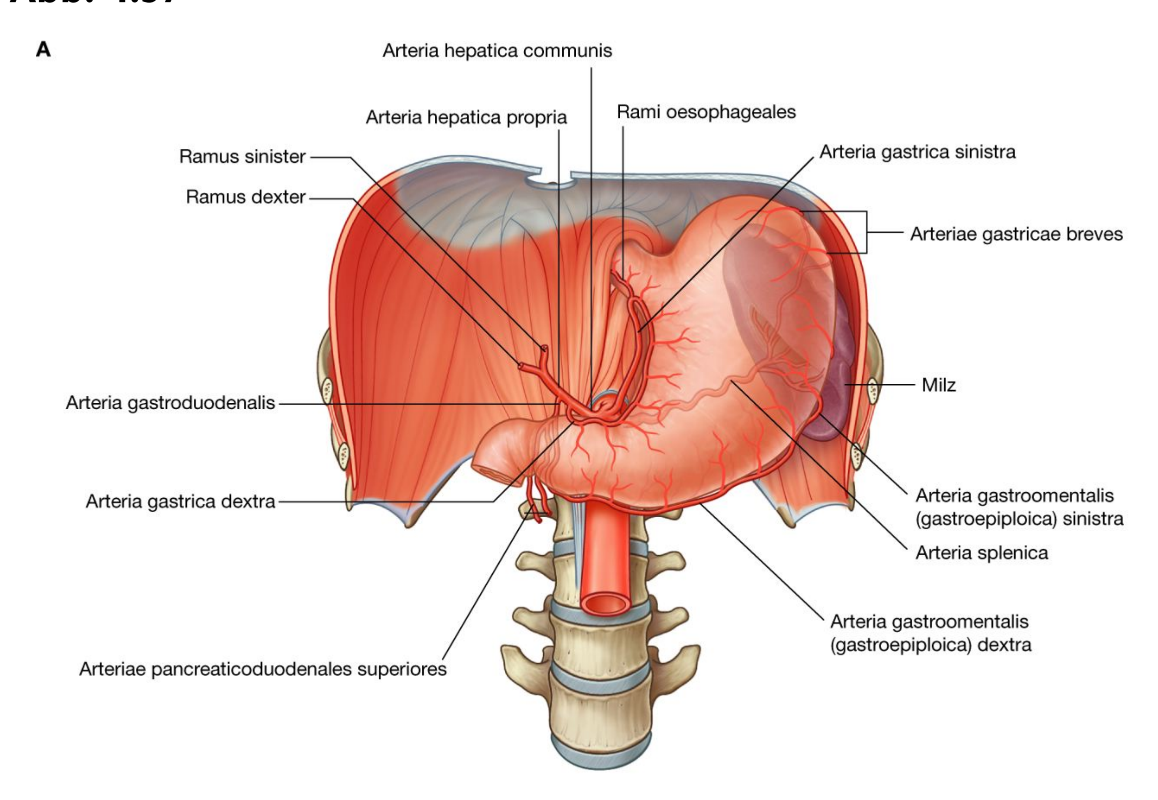
In ihrem kaudalwärts gerichteten Verlauf versorgt die Arteria pancreaticoduodenalis superior den Kopf der Bauchspeicheldrüse sowie das Duodenum mit Blut und teilt sich anschließend in vordere und hintere Äste (Abb. 4.98). Diese Gefäße anastomosieren schließlich mit den Rami anteriores und posteriores der Arteria pancreaticoduodenalis inferior und bilden um den Pankreaskopf ein ausgeprägtes Anastomosengebiet.

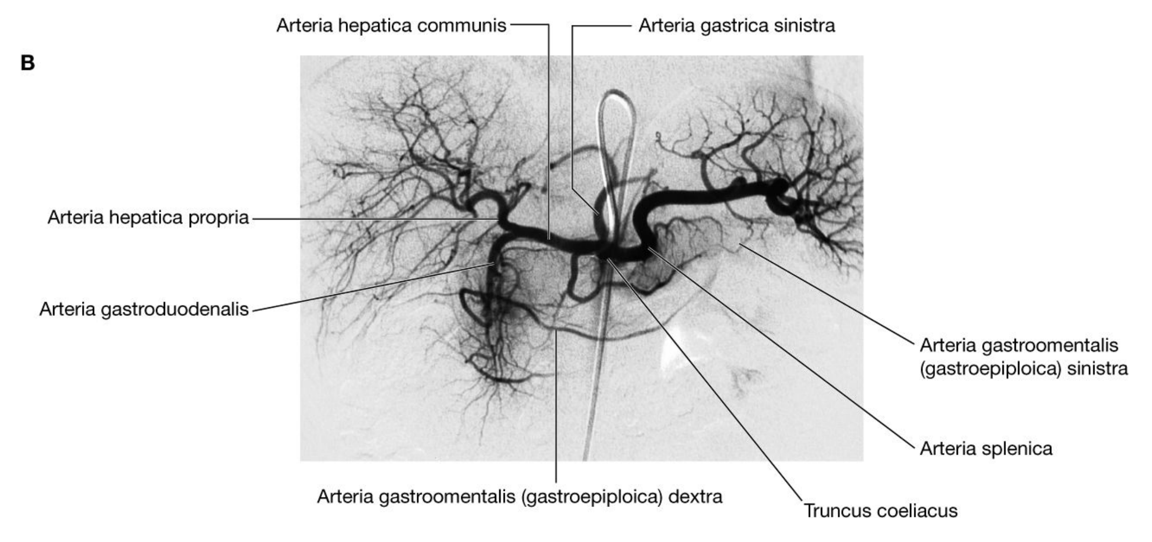
303
304

Arteria mesenterica superior

Die Arteria mesenterica superior ist der ventrale Ast der Aorta abdominalis, der den Mitteldarm versorgt. Sie entspringt direkt unterhalb des Truncus coeliacus vor dem kaudalen Anteil des ersten Lendenwirbels (L1) aus der Aorta abdominalis (Abb. 4.100).

Abb. 4.97





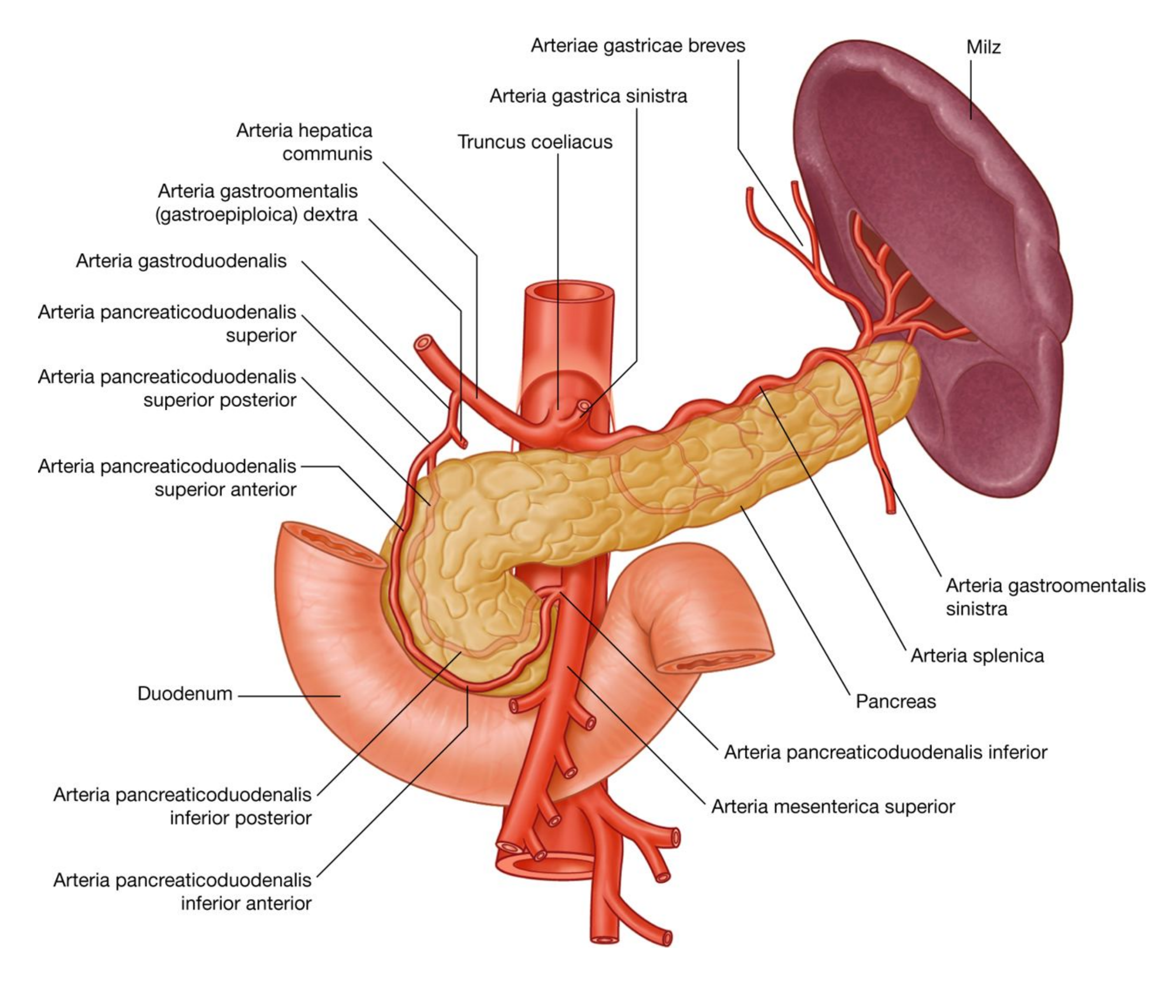
Truncus coeliacus. **A**. Aufzweigung des Truncus coeliacus. **B**. Digitale Subtraktionsangiographie des Truncus coeliacus und seiner Äste.

Die Arteria mesenterica superior wird vorn von der Vena splenica und dem Hals der Bauchspeicheldrüse überkreuzt. Hinter der Arterie liegen die linke Vena renalis, der Processus uncinatus der Bauchspeicheldrüse sowie der kaudale Anteil des Duodenums. Nachdem ihr erster Ast, die **Arteria pancreaticoduodenalis inferior**, entsprungen ist, gibt die Arteria mesenterica superior an ihrer linken Seite die **Arteriae jejunales** und die **Arteriae ileales** ab (Abb. 4.100). Aus der rechten Seite des Hauptstamms der Arteria mesenterica superior entspringen drei Gefäße, die **Arteria colica media**, die **Arteria colica**

304
305

dextra und die **Arteria ileocolica**, die das terminale Ileum, das Zäkum, das Colon ascendens sowie zwei Drittel des Colon transversum mit Blut versorgen.

Abb. 4.98



Arterielle Versorgung des Pankreas.

Arteria pancreaticoduodenalis inferior

Die Arteria pancreaticoduodenalis inferior ist der erste Ast der Arteria mesenterica superior. Sie teilt sich sofort in vordere und hintere Äste, die an der entsprechenden Seite des Bauchspeicheldrüsenkopfes hinaufziehen und oben mit den Arteriae pancreaticoduodenales superior anterior und posterior anastomosieren (Abb. 4.98). Der arterielle Gefäßkranz versorgt den Kopf und den Processus uncinatus der Bauchspeicheldrüse sowie das Duodenum. Die Verbindung zwischen Ramus anterior der Arteria pancreaticoduodenalis inferior und Arteria pancreaticoduodenalis superior anterior wird auch als Bühler-Anastomose bezeichnet (Abb. 4.100).

Arteriae jejunales und Arteriae ileales

Distal der Arteria pancreaticoduodenalis inferior entspringen aus der Arteria mesenterica superior zahlreiche Äste. An ihrer linken Seite gehen zahlreiche Arteriae jejunales und ileales ab, die das Jejunum sowie den größten Teil des Ileums versorgen (Abb. 4.101). Diese

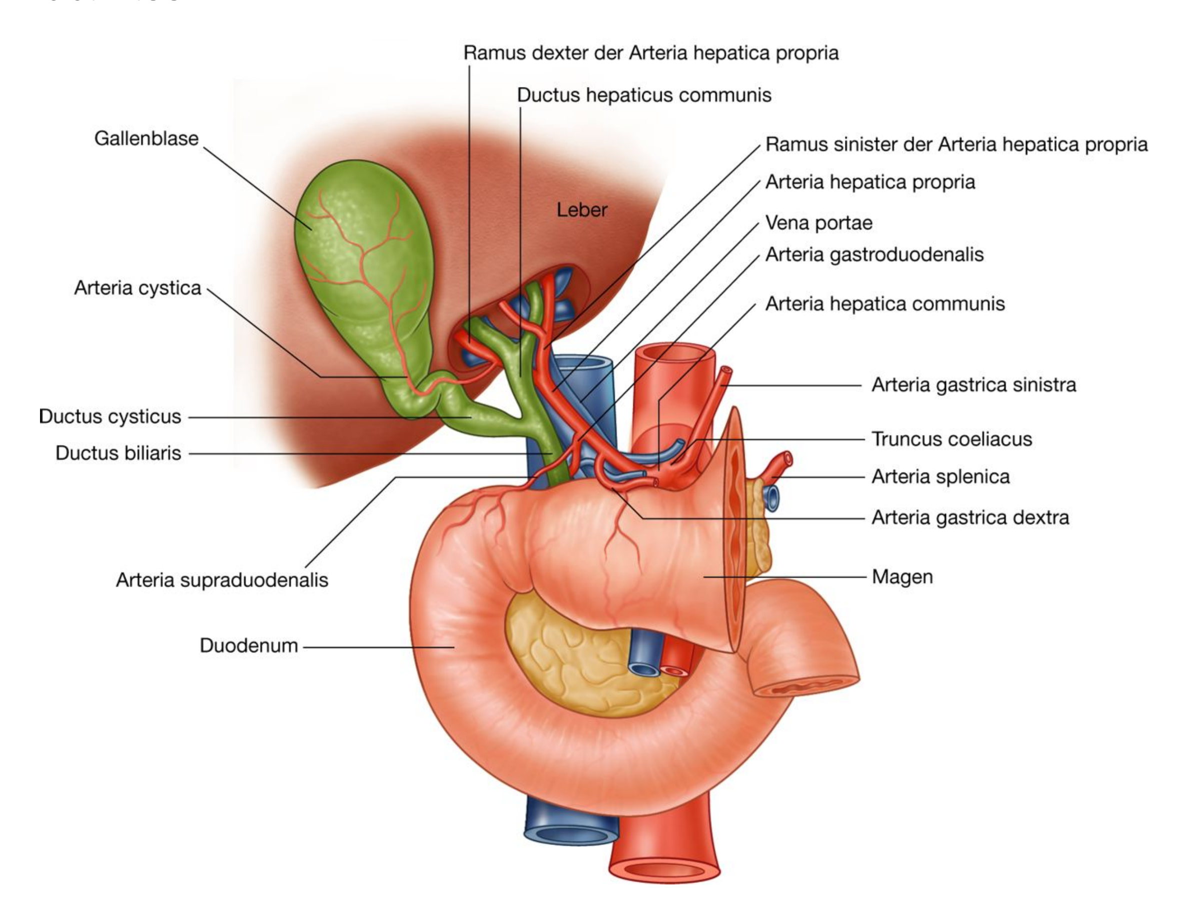
Äste verlassen den Hauptstamm der Arterie, verlaufen innerhalb von zwei Schichten des Mesenteriums und bilden bei der Versorgung des Dünndarms Gefäßarkaden (Anastomosenbögen). Die Anzahl der arteriellen Arkaden nimmt in distaler Richtung entlang dem Darm zu.

Im Bereich des Jejunums gibt es zunächst Einzel- und dann Doppelarkaden mit zunehmender Arkadenanzahl im Bereich des Ileums. Von den Endarkaden gehen die **Vasa recta** ab, die die letzte direkte Blutversorgung der Dünndarmwände übernehmen. Die Vasa recta des Jejunums sind normalerweise lang, liegen relativ dicht beieinander und bilden enge Fenster, die im Mesenterium sichtbar sind. Die Vasa recta des Ileums sind normalerweise kürzer, liegen weiter auseinander und bilden breitere Fenster.

305

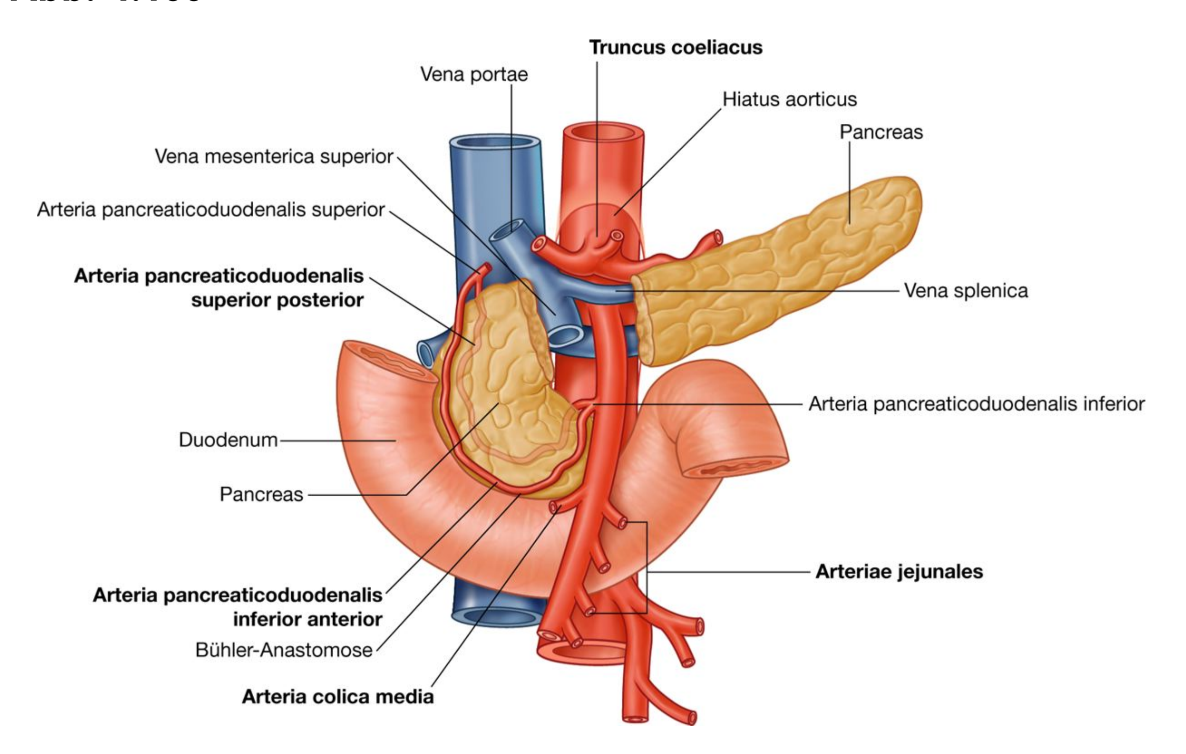
306

Abb. 4.99



Aufzweigung der Arteria hepatica communis.

Abb. 4.100

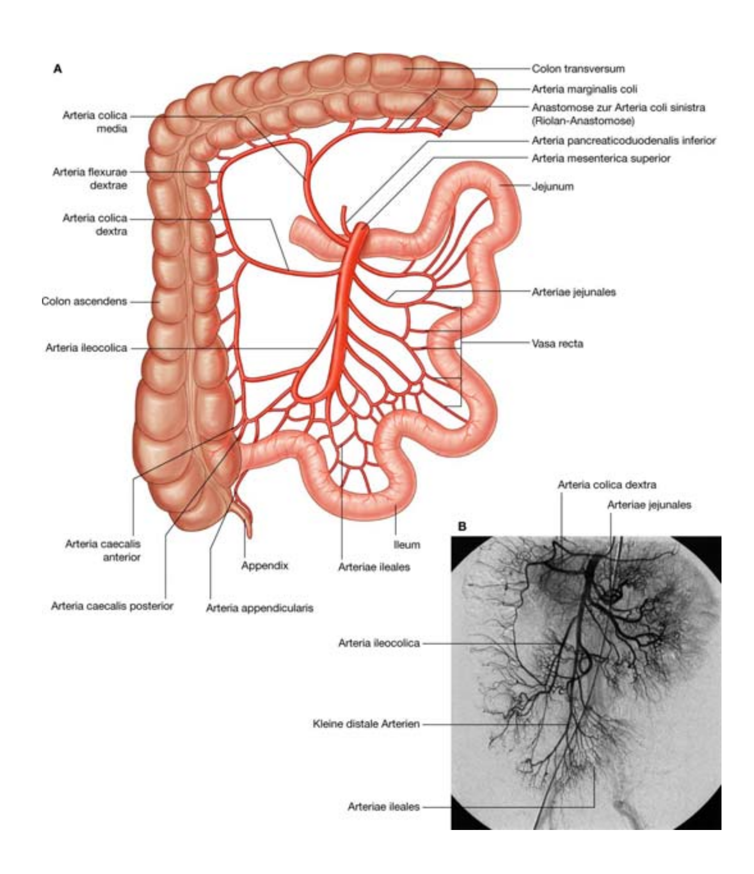


Anfangsäste und Lagebeziehungen der Arteria mesenterica superior.

306

307

Abb. 4.101



Arteria mesenterica superior. **A**. Aufzweigung der Arteria mesenterica superior. **B**. Digitale Subtraktionsangiographie der Arteria mesenterica superior und deren Ästen.

307

Arteria colica media

Die Arteria colica media ist der erste von drei Ästen auf der rechten Seite des Hauptstamms der Arteria mesenterica superior (Abb. 4.101). Die Arterie entspringt an der Stelle, an der die Arteria mesenterica superior unter der Bauchspeicheldrüse hervortritt, gelangt anschließend zum Mesocolon transversum und teilt sich in einen linken und rechten Ast auf. Der rechte Ast (Arteria flexurae dextrae) anastomosiert mit der Arteria colica dextra; der linke Ast (Arteria marginalis coli) anastomosiert mit dem Ramus ascendens der Arteria colica sinistra, einem Ast aus der Arteria mesenterica inferior. Diese Anastomose zwischen Arteria colica media und Arteria colica sinistra wird Riolan-Anastomose genannt.

Arteria colica dextra

Weiter distal entspringt am Hauptstamm der Arteria mesenterica superior die Arteria colica dextra als zweiter der drei Äste an der rechten Seite (Abb. 4.101). Die Arterie ist inkonstant und verläuft nach rechts in den Retroperitonealraum, um das Colon ascendens zu versorgen. Nahe dem Kolon teilt sie sich in einen absteigenden Ast, der mit der Arteria ileocolica anastomosiert, und in einen aufsteigenden Ast, der mit der Arteria colica media anastomosiert.

Arteria ileocolica

Der letzte Ast an der rechten Seite der Arteria mesenterica superior ist die Arteria ileocolica (Abb. 4.101). Sie zieht kaudalwärts und nach rechts in Richtung Fossa iliaca dextra. Hier teilt sie sich in einen kranialen und einen kaudalen Ast:

- Der kraniale Ast zieht entlang dem Colon ascendens nach oben, um mit der Arteria colica dextra zu anastomosieren.
- Der kaudale Ast setzt sich weiter in Richtung des ileokolischen Übergangs fort und teilt sich in die **Arteria colica**, die **Arteria caecalis**, die **Arteria appendicularis** und die **Rami ileales** (Abb. 4.101).

Das besondere Verzweigungsmuster und der Ursprung der Äste sind variabel:

- Die Arteria colica kreuzt das Colon ascendens und zieht aufwärts, um den ersten Teil des Colon ascendens zu versorgen.
- Die Arteria caecalis anterior und die Arteria caecalis posterior entspringen entweder aus einem gemeinsamen Truncus oder als einzelne Äste und versorgen die entsprechenden Seiten des Zäkums.
- Die Arteria appendicularis gelangt in den freien Rand der Mesoappendix und der Appendix und versorgt diese arteriell.
- Der Ramus ilealis zieht nach links und steigt auf, um das terminale Ileum mit Blut zu versorgen, bevor er mit der Arteria mesenterica superior anastomosiert.

Arteria mesenterica inferior

Die Arteria mesenterica inferior ist der ventrale Ast der Aorta abdominalis, der den Hinterdarm versorgt. Sie ist der kleinste der drei ventralen Äste der Aorta abdominalis und entspringt vor dem 3. Lendenwirbel. Zunächst zieht die Arteria mesenterica inferior vor der Aorta abwärts, verläuft anschließend nach links, um sich in kaudaler Richtung fortzusetzen (Abb. 4.102). Zu ihren Ästen gehören die **Arteria colica sinistra**, einige **Arteriae sigmoideae** und die **Arteria rectalis superior**.

Arteria colica sinistra

Die Arteria colica sinistra ist der erste Ast der Arteria mesenterica inferior (Abb. 4.102). Sie zieht hinauf in das Retroperitoneum und teilt sich in einen Ramus ascendens und einen Ramus descendens:

- Der Ramus ascendens verläuft vor der linken Niere aufwärts, gelangt in das Mesocolon transversum und zieht weiter aufwärts, um den oberen Teil des Colon descendens und den distalen Anteil des Colon transversum zu versorgen; der Endabschnitt anastomosiert mit Ästen der Arteria colica media (Riolan-Anastomose).
- Der Ramus descendens verläuft kaudalwärts, versorgt den unteren Teil des Colon descendens und anastomosiert mit der ersten Arteria sigmoidea.

Arteriae sigmoideae

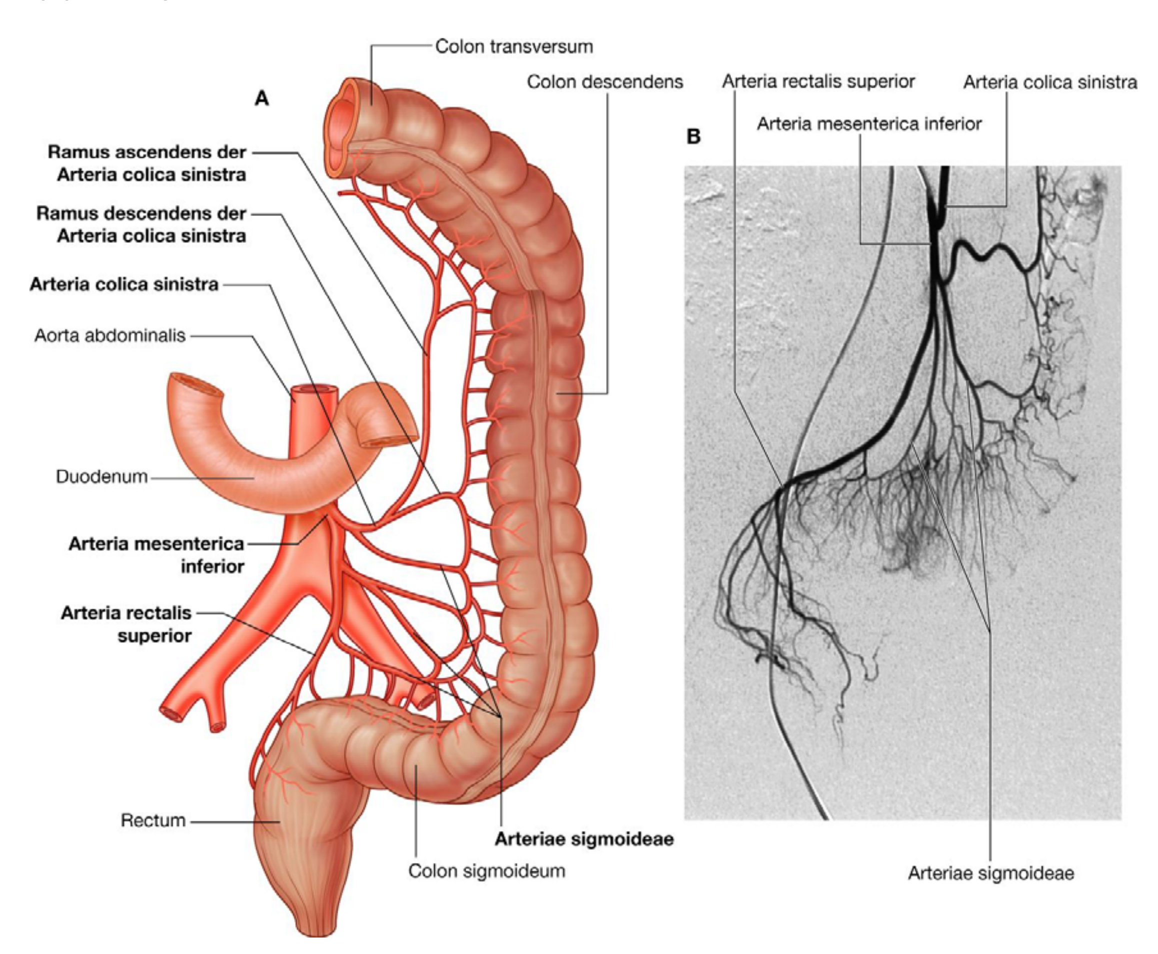
Die Arteriae sigmoideae setzen sich aus zwei bis vier Ästen zusammen, die nach links in das Mesocolon sigmoideum hinabziehen, um den unteren Anteil des Colon descendens und des Colon sigmoideum zu versorgen (Abb. 4.102). Sie anastomosieren kranial mit Ästen der Arteria colica sinistra und kaudal mit Ästen der Arteria rectalis superior.

Arteria rectalis superior

Der letzte Ast der Arteria mesenterica inferior ist die Arteria rectalis superior (Abb. 4.102). Dieses Gefäß zieht im Mesocolon sigmoideum abwärts in die Beckenhöhle und kreuzt die linksseitigen Vasa iliaca communia. Gegenüber dem 3. Sakralwirbel teilt sich die Arteria rectalis superior. Die beiden Endäste ziehen jeweils an einer Seite des Rektums abwärts; der rechte Endast teilt sich nochmals in zwei Äste auf, sodass das Rektum von drei Arterien gespeist wird. Die Äste verzweigen sich in der Wand des Rektums in kleinere Äste. Die kleineren Äste ziehen bis auf die Höhe des inneren Analsphinkters weiter abwärts und anastomosieren unterwegs mit Ästen der Arteriae rectales mediae (aus der Arteria iliaca interna) sowie mit Ästen der Arteriae rectales inferiores (aus der Arteria pudenda interna).

308

Abb. 4.102



Arteria mesenterica inferior. **A**. Aufzweigung der Arteria mesenterica inferior. **B**. Digitale Subtraktionsangiographie der Arteria mesenterica inferior und deren Ästen.

Klinik

Gefäßversorgung des Gastrointestinaltrakts Die abdominalen Teile des Gastrointestinaltrakts werden hauptsächlich durch den Truncus coeliacus, die Arteria mesenterica superior und die Arteria mesenterica inferior versorgt:

- Der Truncus coeliacus versorgt den unteren Ösophagus, den Magen sowie die proximale Hälfte der Pars descendens des Duodenums.
- Die Arteria mesenterica superior versorgt den Rest des Duodenums, das Jejunum, das Ileum, das Colon ascendens sowie die proximalen zwei Drittel des Colon transversum.
- Die Arteria mesenterica inferior versorgt den Rest des Colon transversum, das Colon descendens, das Colon sigmoideum und den größten Teil des Rektums.

Entlang der Pars ascendens des Duodenums befindet sich ein gut durchblutetes Anastomosengebiet (sog. Wasserscheide) zwischen Truncus coeliacus und Arteria

mesenterica superior. In dieser Region kommt es selten zu Ischämien; im Gegensatz dazu ist die Wasserscheide zwischen Arteria mesenterica superior und Arteria mesenterica inferior an der Flexura splenica (Riolan-Anastomose) äußerst ischämiegefährdet.

309

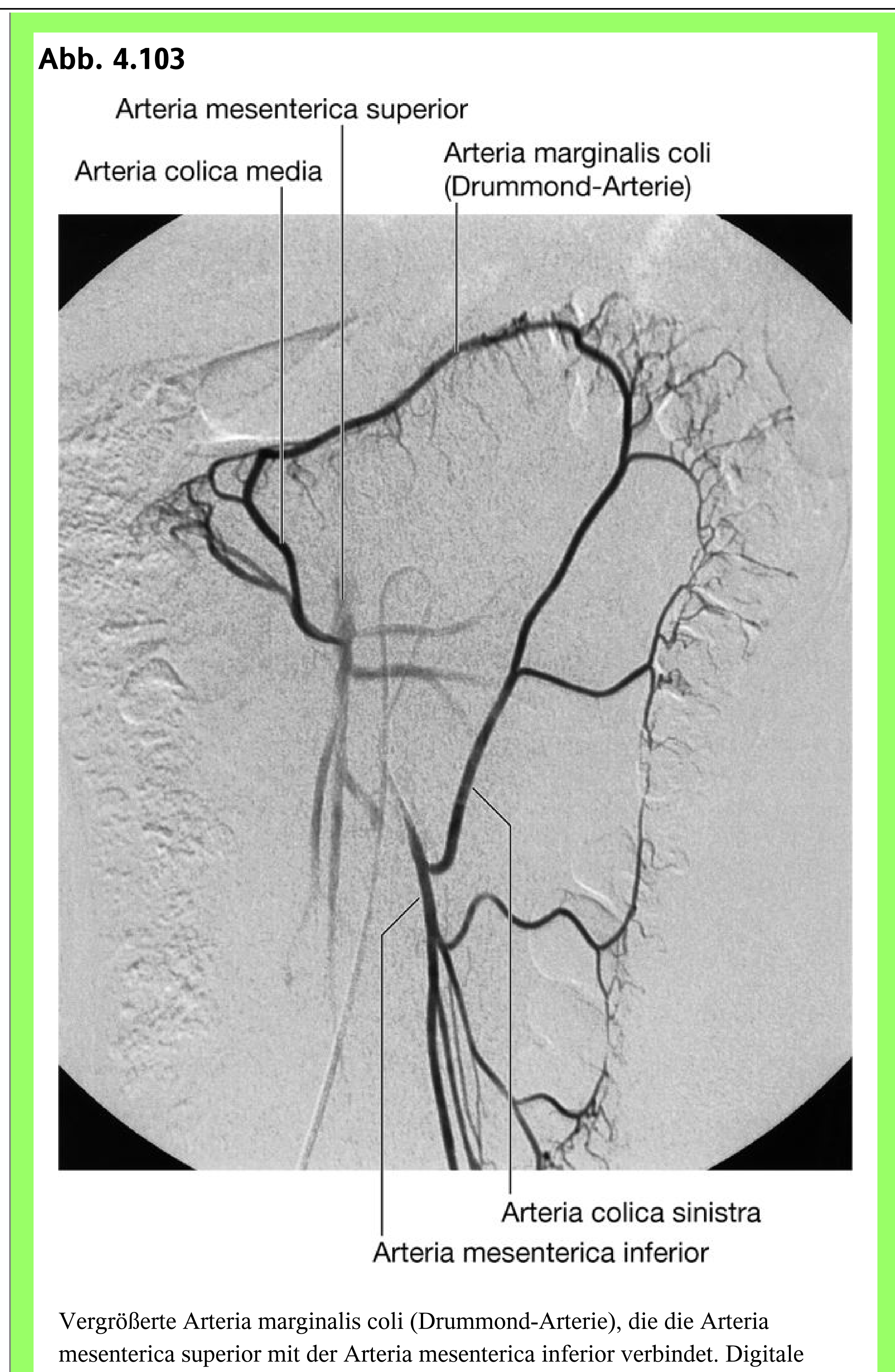
310

Bei bestimmen Erkrankungen kann die Region um die Flexura splenica ischämisch werden. Tritt ein solcher Fall ein, kommt es zum Verlust der Schleimhaut (Nekrose), sodass die Inzidenz von Infektionen und Perforationen der Dickdarmwand rapide ansteigt. Die schlechtere Blutversorgung in diesem Gebiet muss bei der Operationsplanung berücksichtigt werden.

In der gesamten Aorta abdominalis sowie an den Öffnungen des Truncus coeliacus, der Arteria mesenterica superior und der Arteria mesenterica inferior können arteriosklerotische Veränderungen auftreten. Nicht selten ist die Arteria mesenterica inferior betroffen. Interessanterweise leiden viele dieser Patienten nicht unter Komplikationen, da sich die Anastomosen zwischen Arteriae colicae dextra, media und sinistra langsam vergrößern und eine kontinuierliche **Arteria marginalis coli** bilden. Der distale Dickdarmabschnitt wird daher über diese vergrößerte Arteria marginalis coli (Drummond-Arterie oder Kollaterale) versorgt, die die Blutversorgung der Arteria mesenterica inferior übernimmt (Abb. 4.103).

Sind die Öffnungen des Truncus coeliacus oder der Arteria mesenterica superior stark verengt, kommt es zur Einschränkung der Blutversorgung der Eingeweide. Nach einer schweren Mahlzeit übertrifft der Sauerstoffbedarf der Eingeweide die noch mögliche Blutversorgungskapazität durch die stenosierten Gefäße, sodass es zu starken Schmerzen (vergleichbar Seitenstechen, aber wesentlich heftiger) und Unwohlsein **(Angina mesenterica)** kommen kann. Patienten in diesem Zustand neigen dazu, aufgrund der Schmerzen nichts zu essen, und verlieren dadurch schnell an Gewicht. Die Diagnose kann mithilfe einer Aortenangiographie gestellt werden. Dabei werden Stenosen im Truncus coeliacus und in der Arteria mesenterica superior am besten von der Seite erkannt.

Abb. 4.103



Vergrößerte Arteria marginalis coli (Drummond-Arterie), die die Arteria mesenterica superior mit der Arteria mesenterica inferior verbindet. Digitale Subtraktionsangiographie.

Venöser Abfluss

Der venöse Abfluss aus Milz, Bauchspeicheldrüse, Gallenblase und dem abdominalen Teil des Gastrointestinaltrakts erfolgt mit Ausnahme des kaudalen Rektumabschnitts über das venöse Pfortadersystem, das das Blut dieser Regionen zur Leber leitet (Pfortadersystem). Fließt das Blut erst einmal durch die Lebersinusoide, gelangt es in immer größer werdende Venen, bis es schließlich in die Venae hepaticae gelangt. Von hier wird das venöse Blut direkt unterhalb des Zwerchfells in die Vena cava inferior geleitet.

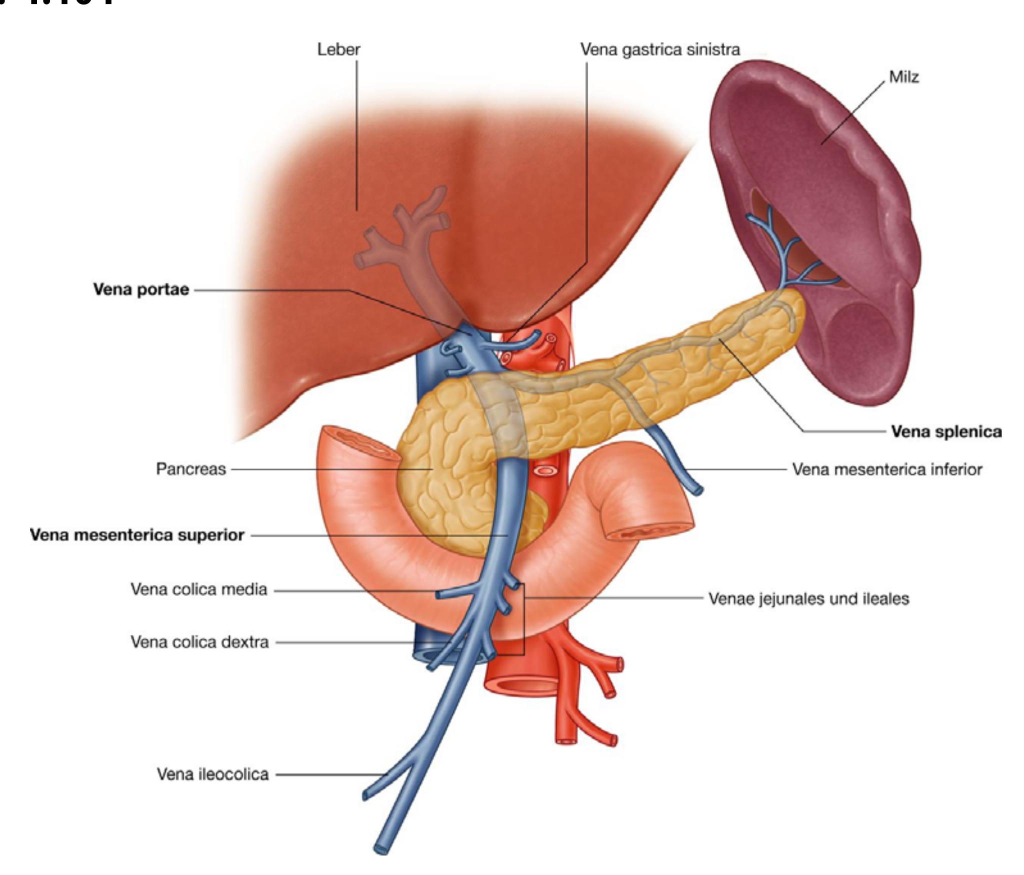
Pfortader

Die **Pfortader** (Vena portae) bildet die gemeinsame Endstrecke venösen Bluts aus Milz, Bauchspeicheldrüse, Gallenblase und dem abdominalen Teil des Gastrointestinaltrakts. Sie geht hinter dem Collum pancreatis aus der Vereinigung von Vena splenica und Vena mesenterica superior auf Höhe des 2. Lendenwirbelkörpers hervor (Abb. 4.104).

Auf ihrem Weg zur Leber zieht die Pfortader hinter dem kranialen Anteil des Duodenums entlang und gelangt in den rechten Rand des Omentum minus. Im Omentum minus verläuft sie vor dem Foramen omentale, hinter dem leicht rechts von ihr befindlichen Ductus choledochus und hinter der leicht links von ihr befindlichen Arteria hepatica propria (Abb. 4.99).

310
311

Abb. 4.104



Vena portae.

An der Leber teilt sich die Pfortader in einen **Ramus dexter** und einen **Ramus sinister** auf, die in das Leberparenchym eintreten. Zuflüsse der Pfortader sind:

- die **Vena gastrica dextra** und die **Vena gastrica sinistra**, die die kleine Kurvatur des Magens und den abdominalen Abschnitt des Ösophagus drainieren
- die **Venae cysticae** aus der Gallenblase
- die **Venae paraumbilicales**, die mit der obliterierten Vena umbilicalis in Zusammenhang stehen und mit Venen an der vorderen Bauchwand (Venae epigastricae superficiales; Venae thoracoepigastricae) verbunden sind (Abb. 4.105).

Vena splenica

Die Vena splenica bildet sich aus zahlreichen kleinen Venen, die vom Milzhilum kommen (Abb. 4.105). Sie zieht mit der Arteria splenica durch das Ligamentum splenorenale und hinter dem Schwanz der Bauchspeicheldrüse nach rechts. Sie verläuft über die dorsale Bauchwand hinter oder am Oberrand in direktem Kontakt zum Corpus pancreatis weiter in Richtung Vena portae. Hinter dem Pankreashals vereinigt sie sich mit der Vena mesenterica superior und bildet die Vena portae.

Zu den Zuflüssen der Vena splenica gehören:

- die **Venae gastricae breves** vom Fundus und vom linken Teil der großen Kurvatur des Magens
- die **Vena gastroomentalis (gastroepiploica) sinistra** von der großen Kurvatur des Magens
- die **Venae pancreaticae** vom Boden und Schwanz der Bauchspeicheldrüse
- normalerweise die **Vena mesenterica inferior**.

311
312

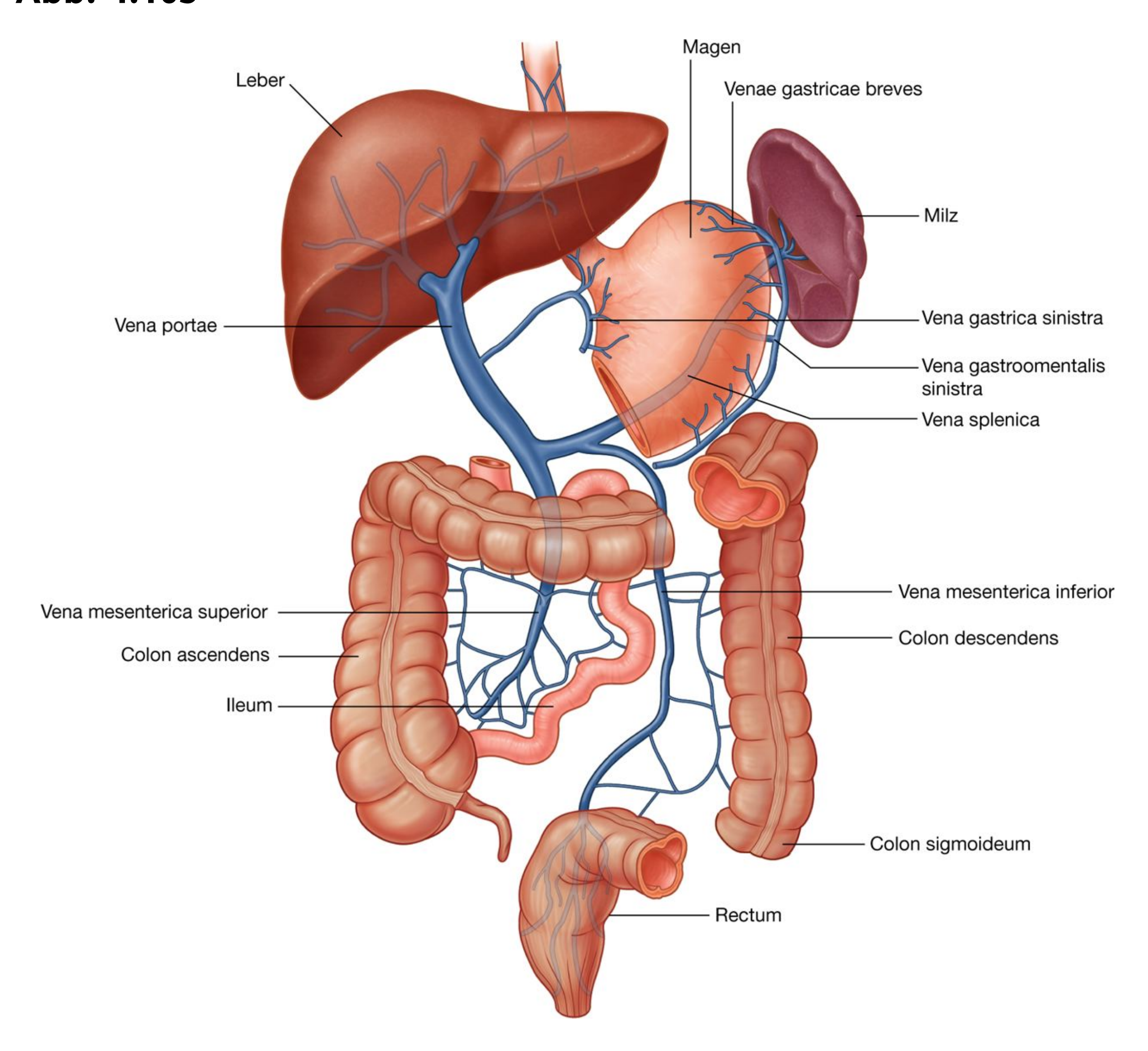
Vena mesenterica superior

Die Vena mesenterica superior drainiert das Blut des Dünndarms, des Zäkums, des Colon ascendens und des Colon transversum (Abb. 4.105). Sie entspringt in der Fossa iliaca dextra aus den zahlreichen kleinen Venen des terminalen Ileums, des Zäkums und der Appendix und steigt von hier rechts neben der Arteria mesenterica superior im Mesenterium nach kranial auf.

Hinter dem Hals der Bauchspeicheldrüse vereinigt sich die Vena mesenterica superior mit der Vena splenica zur Vena portae.

Da jeder Ast der Arteria mesenterica superior von einer entsprechenden Vene begleitet wird, gehören zu den Zuflüssen der Vena mesenterica superior die Vena jejunalis, die Vena ilealis, die Vena ileocolica, die Vena colica dextra und die Vena colica media. Zusätzliche Zuflüsse sind:

Abb. 4.105



Venöser Abfluss des abdominalen Anteils des Gastrointestinaltrakts.

- die **Vena gastroomentalis dextra**, die den rechten Teil der großen Kurvatur des Magens drainiert
- die **Venae pancreaticoduodenales inferior anterior** und **posterior**, die mit den gleichnamigen Arterien verlaufen. Die Vena pancreaticoduodenalis superior anterior mündet normalerweise in die Vena gastroomentalis dextra; die Vena pancreaticoduodenalis superior posterior mündet normalerweise direkt in die Vena portae ein.

Vena mesenterica inferior

Die **Vena mesenterica inferior** drainiert das Blut des Rektums, des Colon sigmoideum, des Colon descendens und der Flexura splenica (Abb. 4.105). Sie entspringt als **Vena rectalis superior** und nimmt in ihrem kranialwärts gerichteten Verlauf Zuflüsse aus den **Venae sigmoideae** und der **Vena colica sinistra** auf. Alle diese Venen begleiten die gleichnamigen 312

Arterien. Im weiteren kranialwärts gerichteten Verlauf liegt die Vena mesenterica inferior hinter dem Corpus pancreatis und schließt sich normalerweise der Vena splenica an. Gelegentlich endet sie am Übergang von Vena splenica und Vena mesenterica superior oder mündet in die Vena mesenterica superior ein.

Klinik

Leberzirrhose

Die Zirrhose (Cirrhosis hepatis) ist ein Sammelbegriff für Leberkrankheiten, die mit histologisch sichtbaren Veränderungen der Läppchenstruktur, Leberfibrose und Bildung kleiner bis großer postdegenerativer Parenchymregeneratknoten einhergehen und zu Gefäßobliterationen führen können. Im Fall einer Verdachtsdiagnose wird eine Leberbiopsie durchgeführt. Das Vorliegen einer Leberzirrhose impliziert eine vorausgegangene oder bestehende Schädigung der Leberzellen.

Die Ätiologie einer Leberzirrhose ist komplex und kann durch Hepatitis (Viren), Hepatose (z. B. durch Toxine bei chronischem Alkohol- und Medikamentenmissbrauch, Diabetes mellitus, Galaktosämie, Siderophilie [Eisenspeicherkrankheit]), Cholestase (Gallenstauung; entweder primär [Gefäßausgangsobstruktionen] oder sekundär nach toxischer oder entzündlicher Cholangitis, Ernährungsstörungen) sowie durch angeborene, anatomische und sonstige metabolische Störungen bedingt sein.

Mit Fortschreiten der Zirrhose kommt es zum intrahepatischen Gefäßumbau mit nachfolgendem Pfort-aderhochdruck (auch in den zuführenden Gefäßen; portale Hypertonie). Pfortaderhochdruck verursacht einen erhöhten Druck in den Milzvenen und führt zu einer Vergrößerung der Milz (Splenomegalie). Im Bereich der portokavalen Anastomosen kommt es zur varikösen Erweiterung der subkutanen Venen (siehe unten). Solche erweiterten, varikös veränderten Venen können leicht bluten und zu einem erheblichen, eventuell auch tödlichen Blutverlust führen.

Die Leber produziert zahlreiche Proteine u. a. für die Blutgerinnung. Jede Funktionsstörung der Leber einschließlich Infektionen und Zirrhose kann die Produktion der Gerinnungsproteine so senken, dass eine angemessene Blutgerinnung nicht mehr möglich ist. Patienten mit schwerer Leberzirrhose sind sogar bei kleinen Einschnitten in die Haut äußerst blutungs-gefährdet. Reißen die Varizen im Bereich der portokavalen Anastomosen ein, besteht die Gefahr eines schnellen Verblutens.

Mit fortschreitendem Leberzerfall entwickeln die Patienten eine Salz- und Wasserretention, die zu kutanen und subkutanen Ödemen führt. In der Peritonealhöhle (normalerweise ein kapillärer Spaltraum) kann es zur Ansammlung extremer Flüssigkeitsmengen von mehreren Litern kommen (Aszites).

Die nur noch schlecht funktionierenden Hepatozyten können das Blut und die Blutbestandteile nicht ausreichend metabolisieren, sodass es zu einem Anstieg des Serumbilirubins mit der Konsequenz eines Ikterus kommt.

Durch den Ausfall des normalen Leberstoffwechsels können toxische Zwischenprodukte nicht mehr in nichttoxische Endprodukte umgewandelt werden. Der Anstieg solch schädlicher Komponenten im Blut wird durch die zahlreichen portokavalen Anastomosen noch verschlimmert, da diese den toxischen Metaboliten ermöglichen, die Leber zu umgehen. Patienten entwickeln dabei häufig schwere neurologische Störungen, die zu epileptischen Anfällen, zu Demenz und zu irreversiblen, neurologischen Ausfallerscheinungen führen können.

Portokavale Anastomosen

Das Pfortadersystem drainiert das Blut der abdominalen Eingeweide zur Leber. Beim Gesunden werden 100% des venösen Pfortaderbluts über die Leber drainiert. Ist jedoch bei Patienten z. B. aufgrund einer Leberzirrhose der Pfortaderdruck erhöht, fließt bedeutend weniger Blut durch die Leber. Der Rest des Bluts gelangt über portokavale Anastomosen an der Leber vorbei (Abb. 4.106). Die größten portokavalen Anastomosen entstehen:

- am gastroösophagealen Übergang im Bereich der Kardia des Magens. Die Vena gastrica sinistra und ihre Zuflüsse stehen hier mit Rami oesophageales, die in die Vena azygos drainieren, in Verbindung.
- an der vorderen Bauchwand im Bereich des Bauchnabels. Verbindungsvenen verlaufen von der Vena portae im Ligamentum teres hepatis zum Nabel und stehen hier mit paraumbilikalen Venen der vorderen Bauchwand in Verbindung, die über die Venae epigastricae superficiales und thoraco-epigastricae in Venen des Cava-inferior- und Cava-superior-Stromgebiets drainieren.

313

314

Klinik

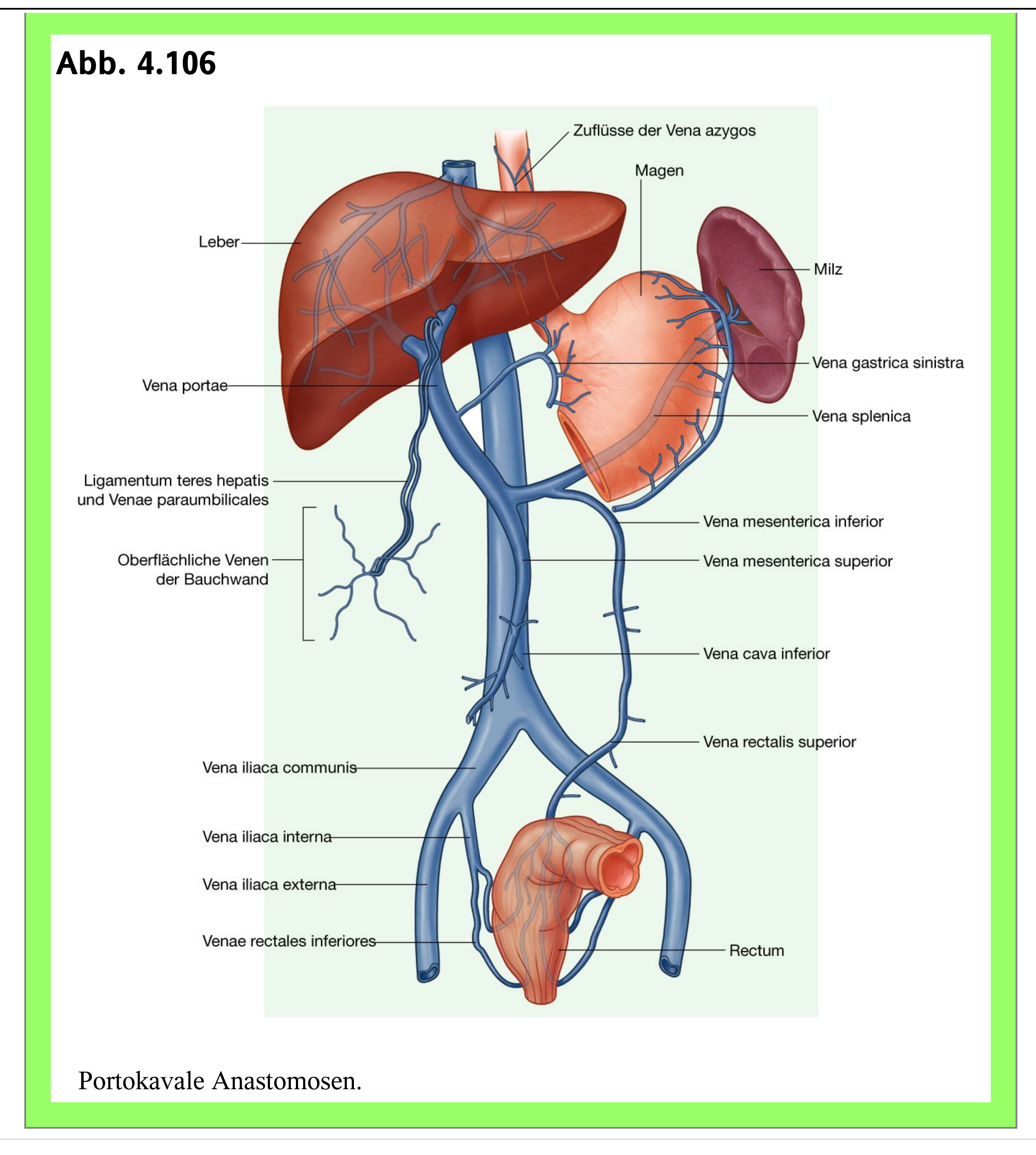
- am Analkanal. Hier besteht eine portokavale Anastomose zwischen Vena rectalis superior des Pfortadersystems und den Venae rectales mediae und inferiores des Cava-inferior-Stromgebiets.

Ist der Druck in der Pfortader erhöht, erweitern sich die venösen Anastomosengebiete und bilden Varizen. Diese varikösen Erweiterungen nennt man:

- **Ösophagusvarizen** im Bereich des gastro-ösophagealen Übergangs
- **Caput medusae** im Bereich der paraumbilikalen Venen (sehr selten)
- **Hämorrhoiden** im Analkanal.

Ösophagusvarizen können leicht verletzt werden und bluten dann sehr stark. Die notfallmäßige Therapie besteht in der endoskopischen Verödung, Laserkoagulation, intravasalen Verödungsverfahren oder chirurgischen Verfahren.

Abb. 4.106



Portokavale Anastomosen.

Lymphbahnen

Der Lymphabfluss des abdominalen Teils des Gastrointestinaltrakts bis hinunter zum unteren Anteil des Rektums sowie aus dem Bereich der Milz, der Bauchspeicheldrüse, der Gallenblase und der Leber erfolgt über Lymphgefäße und Lymphknoten, die schließlich in großen Ansammlungen von **Nodi lymphoidei preaortici** am Ursprung der drei vorderen Hauptäste der Aorta abdominalis enden, die diese Strukturen auch arteriell versorgen. Die präaortalen Lymphknotenansammlungen heißen deswegen **Nodi lymphoidei coeliaci, Nodi lymphoidei mesenterici superiores** und **Nodi lymphoidei mesenterici inferiores**.

Die Lymphe der Eingeweide wird drainiert über:

- den Truncus coeliacus, d.h., die Lymphe, die zum abdominalen Vorderdarm gehört, drainiert zu den präaortalen Lymphknoten in der Nähe des Ursprungs des Truncus coeliacus (Abb. 4.107). Diese Nodi lymphoidei coeliaci erhalten auch Lymphe von Nodi lymphoidei mesenterici superiores und inferiores und drainieren sie dann in die **Cysterna chyli**.
- die Arteria mesenterica superior, d.h., die Lymphe, die zum abdominalen Mitteldarm gehört, fließt zu den prä-aortalen Lymphknoten in der Nähe des Ursprungs der Arteria mesenterica superior (Abb. 4.107). Diese Nodi lymphoidei mesenterici superiores erhalten Lymphe ebenfalls von Nodi lymphoidei mesenterici inferiores und drainieren sie anschließend zu Nodi lymphoidei coeliaci.
- die Arteria mesenterica inferior, d.h., die Lymphe, die zum abdominalen Hinterdarm gehört, fließt zu den präaortalen Lymphknoten in der Nähe des Ursprungs der Arteria mesenterica inferior (Abb. 4.107) und von dort zu Nodi lymphoidei mesenterici superiores.

Innervation

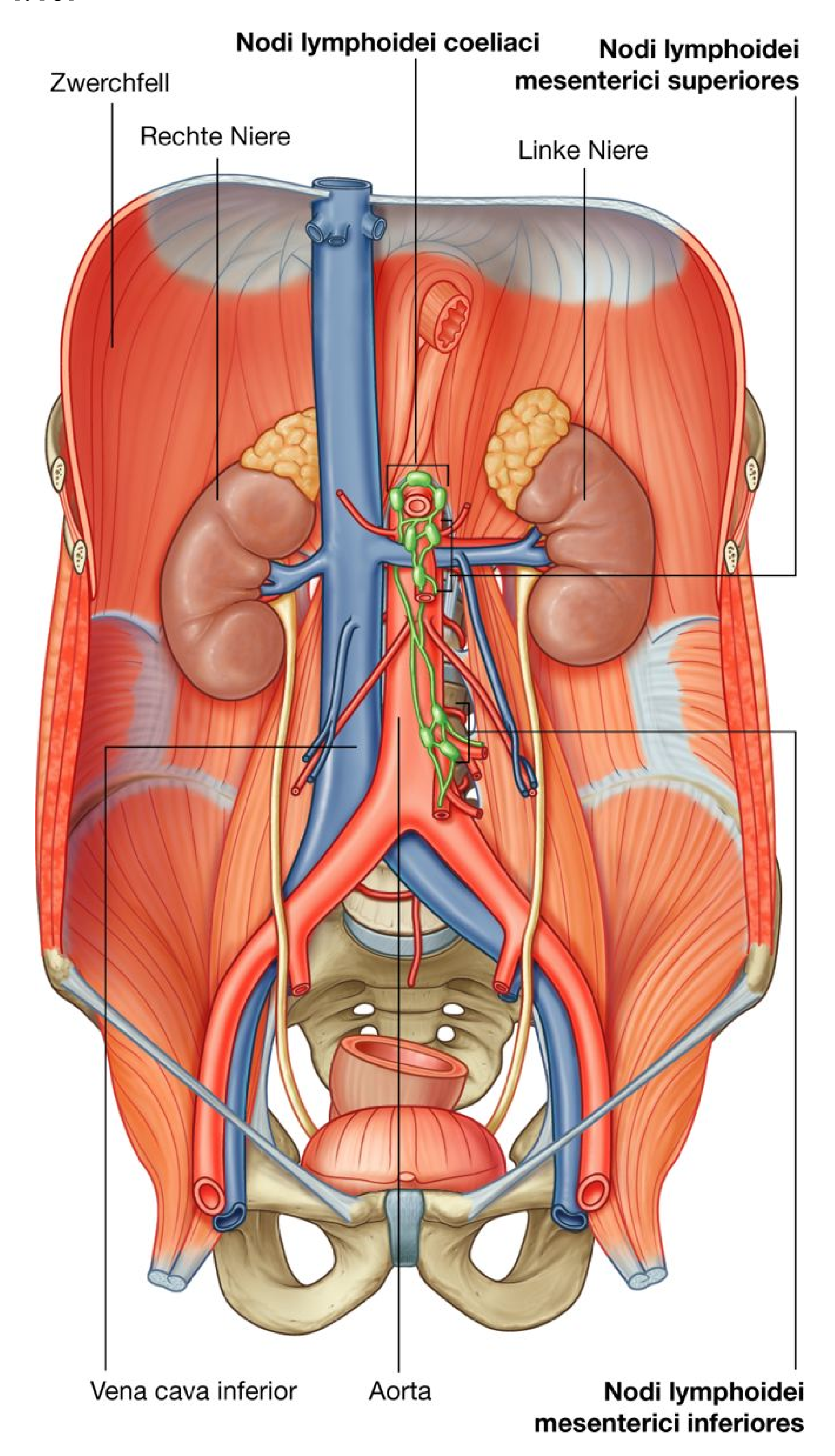
Die abdominalen Eingeweide werden sowohl von extrinsischen als auch von intrinsischen Komponenten des Nervensystems innerviert:

- Zur extrinsischen Innervation gehören motorische Impulse vom und sensible Impulse zum ZNS.
- Zur intrinsischen Innervation gehört die Regulation der Aktivitäten des Verdauungstrakts durch ein generell autonomes Netzwerk von sensiblen und motorischen Neuronen **(enterisches Nervensystem – ENS; intramurales Nervensystem)**.

Zu den abdominalen Eingeweiden, die extrinsisch innerviert werden, gehören der abdominale Teil des Gastrointestinaltrakts, Milz, Bauchspeicheldrüse, Gallenblase und Leber. Diese Eingeweide senden über viszeroafferente Fasern Informationen zurück zum ZNS und erhalten von diesem über viszeroefferente Fasern motorische Impulse.

Die viszeroefferenten Fasern gehören zum sympathischen und parasympathischen Teil des autonomen Teils des peripheren Nervensystems.

Abb. 4.107



Lymphabfluss des abdominalen Abschnitts des Gastrointestinaltrakts.

Zu den strukturellen Komponenten, die diesen afferenten und efferenten Fasern als Leitungsbahnen dienen, gehören die Radices anteriores und posteriores des Rückenmarks und die Spinalnerven, die Rami communicantes albi und grisei, die Trunci sympathici, die Nervi splanchnici mit den sympathischen (thorakalen, lumbalen und sakralen Anteilen) sowie parasympathische Fasern (zum Becken gehörender Anteil), der Plexus prevertebralis und die dazugehörigen Ganglien sowie die Nervi vagi [X].

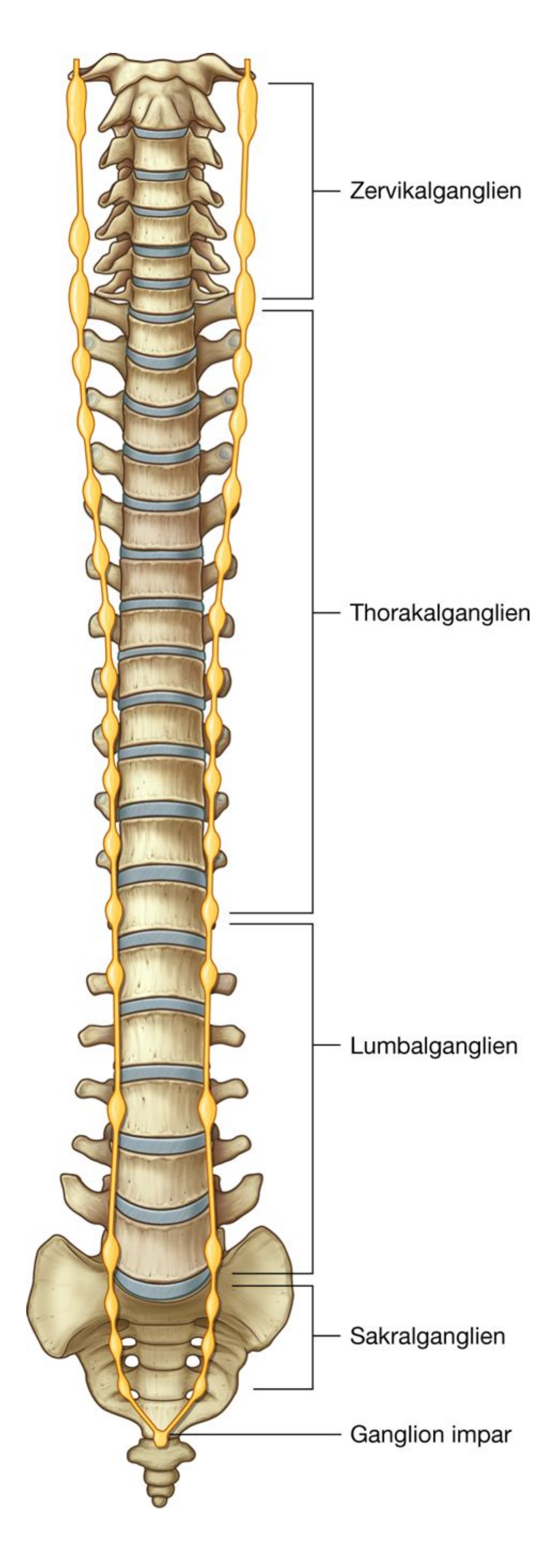
Das ENS besteht aus motorischen und sensorischen Neuronen, die sich in zwei miteinander verbundenen Plexus in der Wand des Gastrointestinaltrakts befinden.

315
316

Grenzstrang

Die Grenzstränge (Trunci sympathici) sind zwei parallele Nervenstränge, die sich beidseits der Wirbelsäule von der Schädelbasis bis zum Steißbein erstrecken (Abb. 4.108). In ihrem Verlauf durch den Hals liegt jeder Grenzstrang im oberen Abschnitt der Halswirbelsäule auf der Lamina prevertebralis der Fascia colli (tiefes Blatt der Halsfaszie). Etwa auf Höhe des 4. Halswirbelkörpers tritt der Grenzstrang durch das tiefe Halsfaszienblatt hindurch, kommt unterhalb des tiefen Blatts direkt auf der prävertebralen Halsmuskulatur zu liegen und steigt unterhalb der Faszie weiter kaudalwärts ab. Im oberen Thorax liegt er vor oder auf den Rippenhälsen; im unteren Thorax verläuft er lateral der Wirbelkörper. Im Abdomen tritt der Grenzstrang anterolateral über die Lumbalwirbel und liegt beim Eintritt in das Becken vor dem Os sacrum. Vor dem Steißbein treffen beide Trunci sympathici aufeinander und bilden das **Ganglion impar**.

Abb. 4.108



Trunci sympathici.

Im Verlauf beider Grenzstränge erkennt man kleine knotenartige Erweiterungen (Ganglien). Diese Ansammlungen neuronaler Zellkörper außerhalb des ZNS sind die sympathischen Paravertebralganglien. Normalerweise findet man (Abb. 4.108):

- drei Ganglien im Zervikalbereich
- elf oder zwölf Ganglien im Thorakalbereich
- vier Ganglien in der Lumbalregion
- vier oder fünf Ganglien in der Sakralregion
- das Ganglion impar vor dem Steißbein.

Im ihrem Verlauf stehen die Grenzstrangganglien und Trunci über Rami communicantes grisei mit den benachbarten Spinalnerven in Verbindung, in der Thorakal- (Th1 – Th12) und oberen Lumbalregion (L1–L2) zusätzlich über Rami communicantes albi. Zu den Nervenfasern, die im Grenzstrang verlaufen, gehören präganglionäre und postganglionäre sympathische Fasern sowie viszeroafferente Fasern.

Nervi splanchnici

Die Nervi splanchnici dienen der Innervation der abdominalen Eingeweide. Sie verlaufen vom Grenzstrang bzw. von dessen sympathischen Ganglien zum Plexus prevertebralis und zu den Ganglien vor der Aorta abdominalis.

Man unterscheidet je nach Art ihrer viszeroefferenten Fasern zwei verschiedene Arten von Nervi splanchnici:

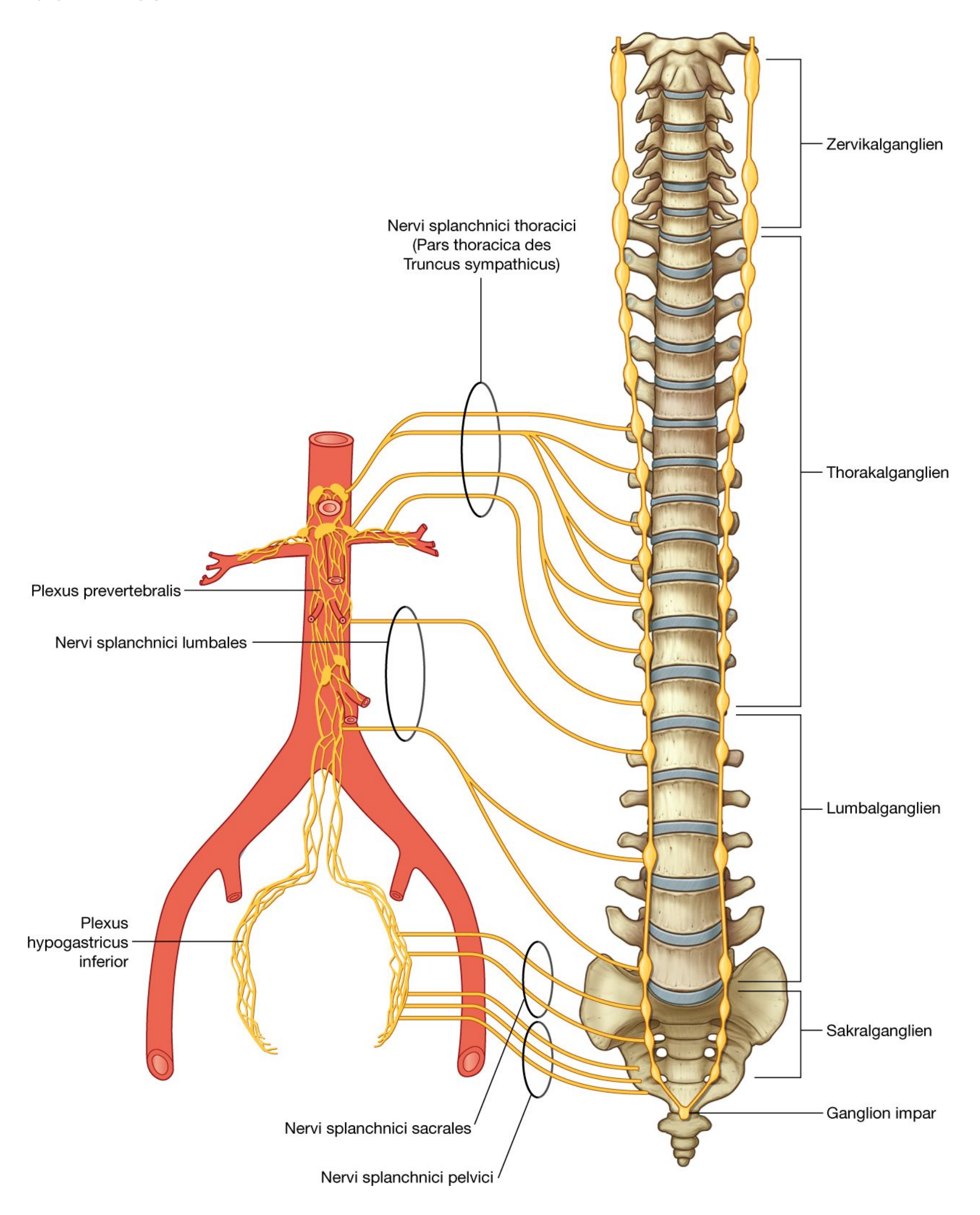
- Die thorakalen, lumbalen und sakralen Nervi splanchnici führen präganglionäre, sympathische Fasern vom Grenzstrang zu den Ganglien des Plexus prevertebralis sowie viszeroafferente Fasern.
- Die Nervi splanchnici pelvici (Radix parasympathica) führen präganglionäre, parasympathische Fasern von den Spinalnerven S2 bis S4 zu einer Erweiterung des Plexus prevertebralis im Becken **(Plexus hypogastricus inferior, Plexus pelvicus)**.

Nervi splanchnici thoracici (Pars thoracica des Truncus sympathicus)

Drei Nervi splanchnici thoracici verlaufen von den sympathischen Ganglien des Grenzstranges im Thorax zum Plexus prevertebralis und zu den Ganglien der Aorta abdominalis im Abdomen (Abb. 4.109):

316

Abb. 4.109



Nervi splanchnici.

- Der **Nervus splanchnicus minor** bildet sich zwischen 5. und 9. (oder 10.) thorakalen Ganglion und zieht zum Ganglion coeliacum in das Abdomen (ein prävertebrales Ganglion im Zusammenhang mit dem Truncus coeliacus).
- Der **Nervus splanchnicus minor** bildet sich zwischen 9. und 10. (oder zwischen 10. und 11.) thorakalen Ganglion und zieht zum Ganglion aorticorenale.

- Der **Nervus splanchnicus imus (minimus)** entsteht am 12. thorakalen Ganglion und zieht zum Plexus renalis.

Nervi splanchnici lumbales und sacrales

Normalerweise gibt es zwei bis vier **Nervi splanchnici lumbales**, die vom lumbalen Anteil des Grenzstrangs oder den dazugehörigen Ganglien zum Plexus prevertebralis verlaufen (Abb. 4.109).

Vergleichbar ziehen auch die **Nervi splanchnici sacrales** vom sakralen Anteil des Grenzstrangs bzw. von den dazugehörigen Ganglien zum Plexus hypogastricus inferior, einer Verlängerung des Plexus prevertebralis, in das Becken.

Nervi splanchnici pelvici

Die **Nervi splanchnici pelvici (Radix parasympathica)** sind einzigartig. Es handelt sich um die einzigen Nervi splanch-nici mit parasympathischem Anteil. Die präganglionären parasympathischen Fasern entspringen im sakralen Rückenmark und gelangen über die Spinalnerven S2 bis S4 zum Plexus hypogastricus inferior (Abb. 4.109). Vom Plexus ziehen einige Fasern aufwärts zum Plexus prevertebralis abdominalis und verteilen sich mit den Arterien, die den Hinterdarm versorgen. Auf diese Weise können die präganglionären parasympathischen Fasern das distale Drittel des Colon transversum, das Colon descendens und das Colon sigmoideum innervieren.

Plexus prevertebralis abdominalis und zugehörige Ganglien

Der Plexus prevertebralis abdominalis ist eine Ansammlung von Nervenfasern, die die Aorta abdominalis umgibt und sich auf deren Hauptästen fortsetzt. Innerhalb des Plexus prevertebralis abdominalis liegen Zellkörper postganglionärer sympathischer Neurone verstreut. Einige der Zellkörper haben sich zu abgrenzbaren Ganglien zusammengelagert; andere Zellkörper liegen eher zufällig verstreut. Die Ganglien gehören normalerweise zu spezifischen Ästen der Aorta abdominalis und werden auch dementsprechend benannt.

Die drei Hauptanteile des Plexus prevertebralis abdominalis und die zugehörigen Ganglien sind der Plexus coeliacus, der Plexus aorticus und der Plexus hypogastricus superior (Abb. 4.110):

- Der **Plexus coeliacus** besteht aus einer großen Ansammlung von Nervenfasern und Ganglien, die zu den Wurzeln des Truncus coeliacus und der Arteria mesenterica superior gehören und direkt unterhalb des Hiatus aorticus am Zwerchfell liegen. Zu den Ganglien des Plexus coeliacus gehören zwei Ganglia coeliaca, ein einzelnes Ganglion mesentericum superius sowie zwei Ganglia aorticorenalia.
- Der **Plexus aorticus** besteht aus Nervenfasern und zugehörigen Ganglien, die vor und seitlich der Aorta abdominalis liegen und sich direkt von unterhalb des Ursprungs der Arteria mesenterica superior bis zur Bifurcatio aortae in die beiden Arteriae iliacae

erstrecken. Das Hauptganglion dieses Plexus ist das Ganglion mesentericum inferius am Ursprung der Arteria mesenterica inferior.

- Der **Plexus hypogastricus superior** umfasst zahlreiche kleine Ganglien und bildet den letzten Teil des Plexus prevertebralis abdominalis, bevor er sich in die Beckenhöhle fortsetzt.

Aus jedem dieser Hauptplexus gehen einige Sekundärplexus hervor, die ebenfalls kleine Ganglien enthalten können.

Die großen Plexus werden normalerweise nach den Gefäßen benannt, mit denen sie in Verbindung stehen. So wird der Plexus coeliacus meist als Plexus beschrieben, aus dem Plexus mesentericus superior und Plexus renalis sowie viele andere Plexus entstehen, die sich entlang den verschiedenen Ästen des Truncus coeliacus ausbreiten. Ähnlich besitzt auch der Plexus aorticus Sekundärplexus, die aus dem Plexus mesentericus inferius, dem Plexus spermaticus und dem Plexus iliacus externus bestehen.

Kaudal teilt sich der Plexus hypogastricus superior in die Nervi hypogastrici auf, die in das Becken hinabziehen und zur Bildung des Plexus hypogastricus inferior oder Plexus pelvicus beitragen (Abb. 4.110).

Der Plexus prevertebralis abdominalis erhält:

- präganglionäre parasympathische sowie viszeroafferente Nevenfasern vom Nervus vagus [X]
- präganglionäre sympathische Nervenfasern sowie viszeroafferente Fasern von den thorakalen und lumbalen Nervi splanchnici
- präganglionäre parasympathische Fasern von den Nervi splanchnici pelvici.

Parasympathische Innervation

Die parasympathische Innervation des abdominalen Anteils des Gastrointestinaltrakts sowie der Milz, der Bauchspeicheldrüse, der Gallenblase und der Leber erfolgt über zwei Quellen: den Nervus vagus [X] und die Nervi splachnici pelvici.

Nervus vagus

Der **Nervus vagus** [X] gelangt zusammen mit dem Ösophagus durch das Zwerchfell in das Abdomen und übernimmt die parasympathische Innervation des Vorder- und Mitteldarms (Abb. 4.111).

318

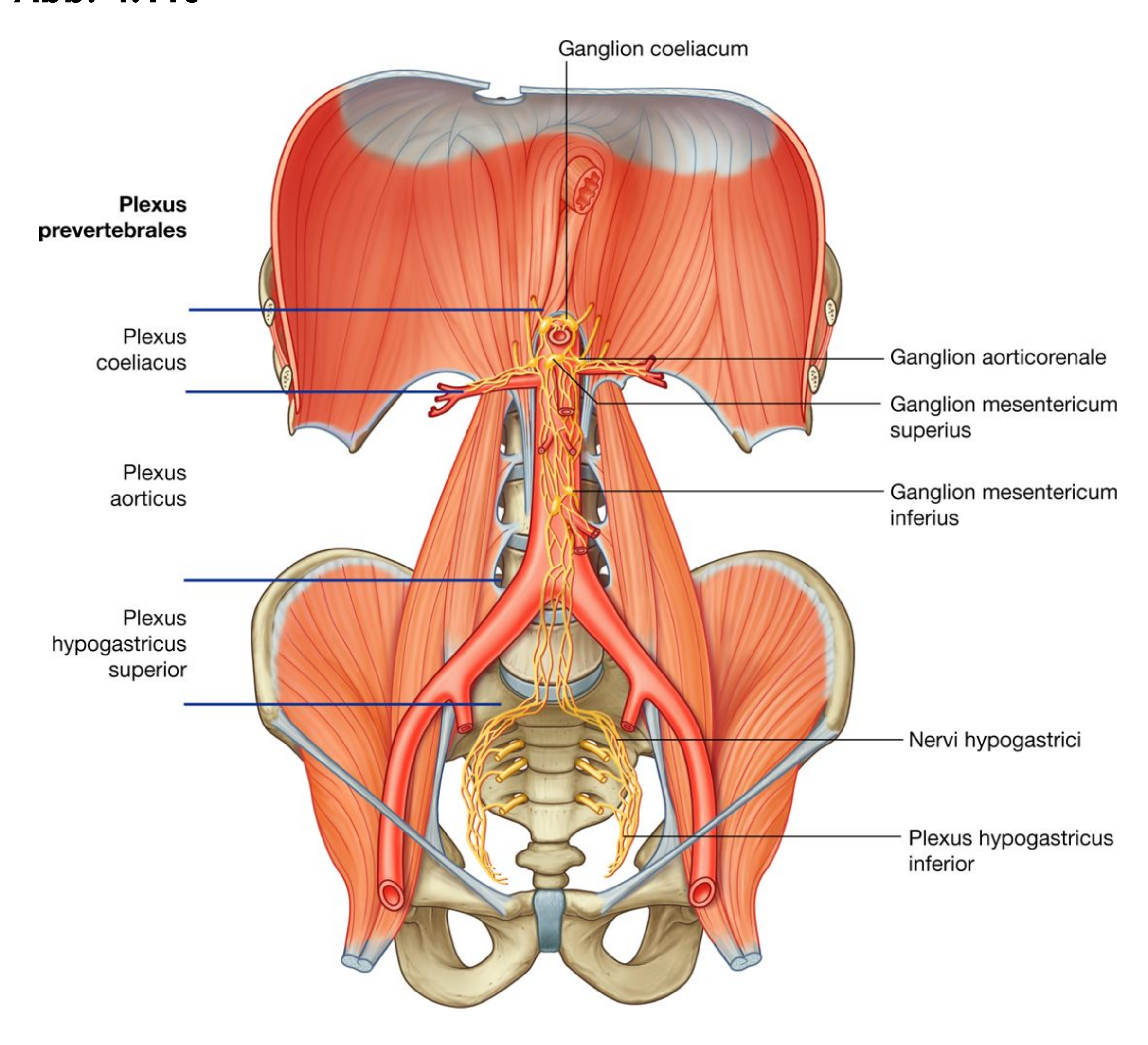
319

Nachdem er als **Trunci vagales anterior und posterior** in das Abdomen übergetreten ist, gibt er Äste zum Plexus prevertebralis abdominalis ab. Diese Äste enthalten präganglionäre parasympathische Fasern sowie viszeroafferente Fasern, die mit den anderen Komponenten des Plexus prevertebralis entlang der Aorta abdominalis verlaufen.

Nervi splanchnici pelvici

Die **Nervi splanchnici pelvici** führen präganglionäre parasympathische Fasern aus Höhe S2 bis S4 des Rückenmarks und gelangen zum Plexus hypogastricus im Becken. Einige der Fasern steigen zur Pars mesenterica inferior des Plexus prevertebralis im Abdomen auf (Abb. 4.111). Von hier ziehen die Fasern mit Ästen der Arteria mesenterica inferior und übernehmen die parasympathische Innervation des Hinterdarms.

Abb. 4.110



Plexus prevertebralis abdominalis und zugehörige Ganglien.

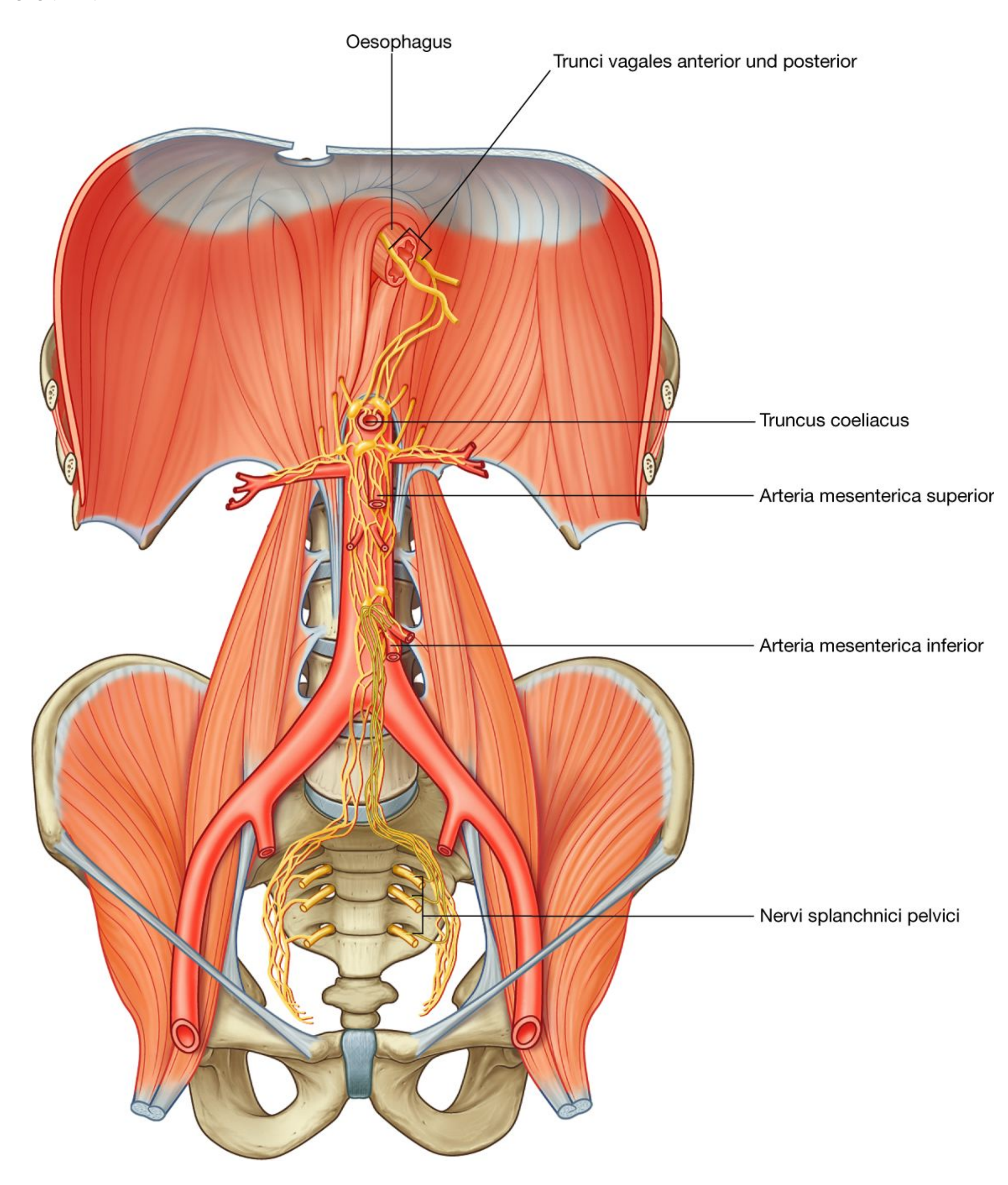
Enterisches Nervensystem

Das ENS ist als Teil des viszeralen Nervensystems ein lokales neuronales Netzwerk in der Wand des Gastrointestinaltrakts. Es besteht aus motorischen und sensorischen Neuronen, die in zwei miteinander verbundenen Plexus, dem **Plexus myentericus (Auerbach-Plexus)** und dem **Plexus submucosus (Meissner-Plexus)**, zwischen den Wandschichten des Gastrointestinaltrakts angeordnet sind. Ebenso gehören auch Nervenfasern dazu, die zwischen den Plexus oder von den Plexus zum angrenzenden Gewebe verlaufen (Abb. 4.112).

Der Plexus submucosus (Meissner-Plexus) innerviert die Schleimhaut und die Ringmuskelschicht; der Plexus myentericus (Auerbach-Plexus) liegt zwischen den beiden Schichten der Muskularis und innerviert sie. Das komplizierte System aus erregenden und hemmenden motorischen und sensiblen Neuronen und Interneuronen steuert die koordinierte An- und Entspannung der glatten Darmmuskulatur und reguliert die Magensekretion sowie den Blutfluss. Es verleiht dem Verdauungstrakt weitgehend funktionelle Autonomie und kann nur über das vegetative Nervensystem (Parasympathikus und Sympathikus) beeinflusst werden. Eine Besonderheit bilden die interstitiellen Cajal-Zellen, spezielle Fibroblasten, die elektrisch spontan aktiv sind und eine Art Schrittmacherfunktion zwischen Nervenendigungen und glatten Muskelzellen haben.

319
320

Abb. 4.111



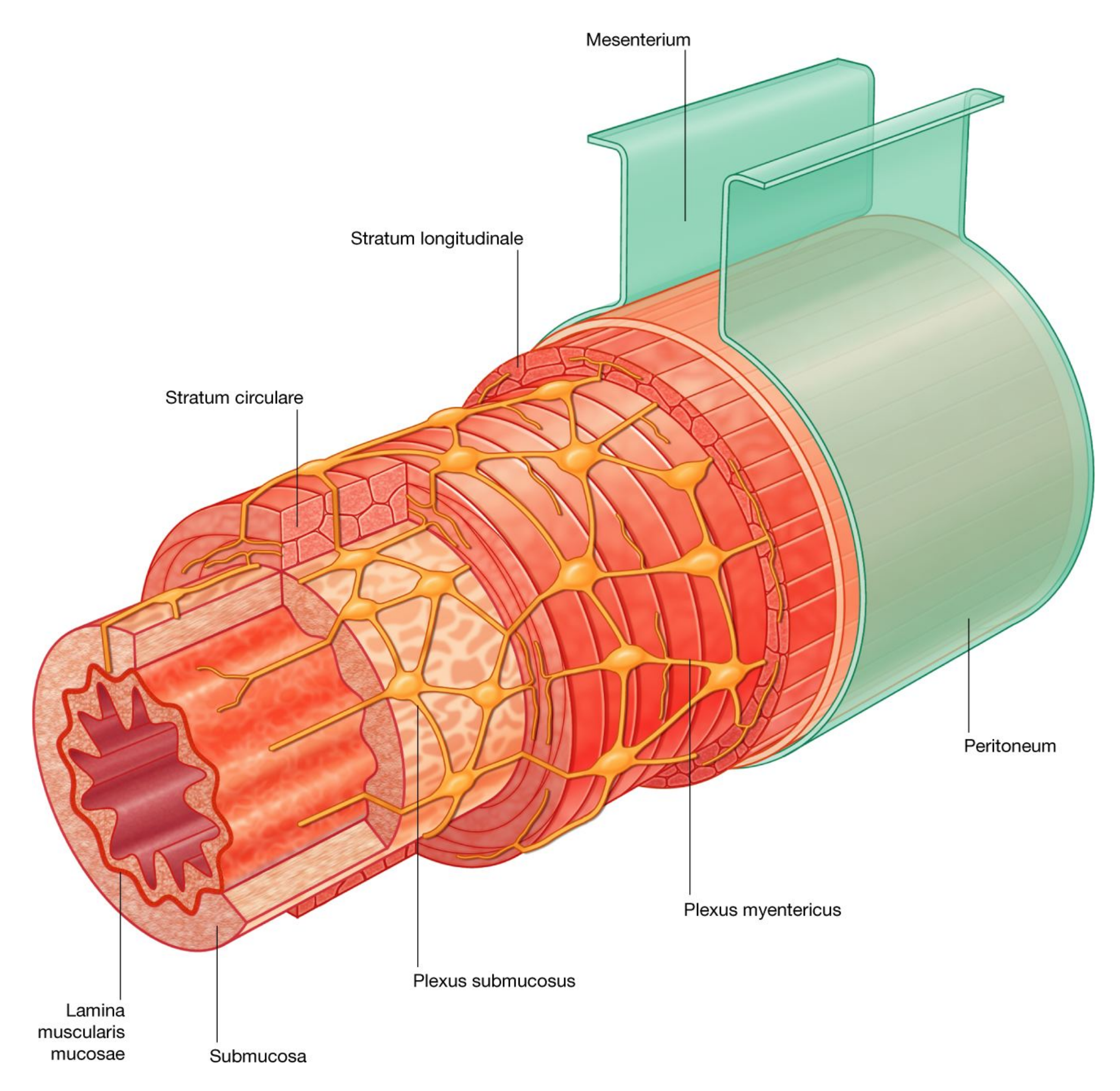
Parasympathische Innervation des abdominalen Anteils des Gastrointestinaltrakts.

Das ENS reguliert und koordiniert zahlreiche Aktivitäten des Gastrointestinaltrakts einschließlich der Magensekretion, der gastrointestinalen Blutversorgung sowie der Kontraktions- und Relaxationswellen der glatten Muskulatur, die im Rahmen der sog. **Peristaltik** über den Darm verlaufen. Man unterscheidet zirkulär einschnürende Kontraktionen, die sich in normaler Transportrichtung weiterbewegen (orthograde Peristaltik) und so dem Weitertransport des Inhalts dienen, von rückläufig verlaufenden Kontraktionswellen (retrograde Peristaltik), die dem Pendeln des Inhalts in bestimmten Darmabschnitten dienen.

Obwohl das ENS überwiegend unabhängig vom ZNS arbeitet, erhält es Impulse von postganglionären sympathischen und präganglionären parasympathischen Neuronen, die dadurch die Aktivität des ENS modifizieren können.

320
321

Abb. 4.112



Enterisches Nervensystem.

Sympathische Innervation des Magens

Die sympathischen Leitungsbahnen des Magens sind folgendermaßen aufgebaut:

- Eine präganglionäre sympathische Faser entspringt auf Höhe Th6 aus dem Seitenhorn des Rückenmarks und verlässt es über die Radix anterior.
- Auf Höhe des Foramen intervertebrale vereinigt sich die Radix anterior, in der sich die präganglionäre Faser befindet, mit der Radix posterior und bildet den Spinalnerv.
- Außerhalb der Wirbelsäule verlässt die präganglionäre sympathische Nervenfaser den Spinalnerv über den Ramus communicans albus.
- Der Ramus communicans albus, der die präganglionäre sympathische Nervenfaser enthält, ist mit dem Grenzstrang verbunden.
- Die präganglionäre sympathische Nervenfaser zieht, ohne eine Synapse zu bilden, durch den Grenzstrang und gelangt in den Nervus splanchnicus major.
- Der Nervus splanchnicus major verläuft durch die Zwerchfellschenkel und gelangt zum Ganglion coeliacum.
- Im Ganglion coeliacum tritt die präganglionäre sympathische Nervenfaser mit einem postganglionären Neuron über eine Synapse in Kontakt.

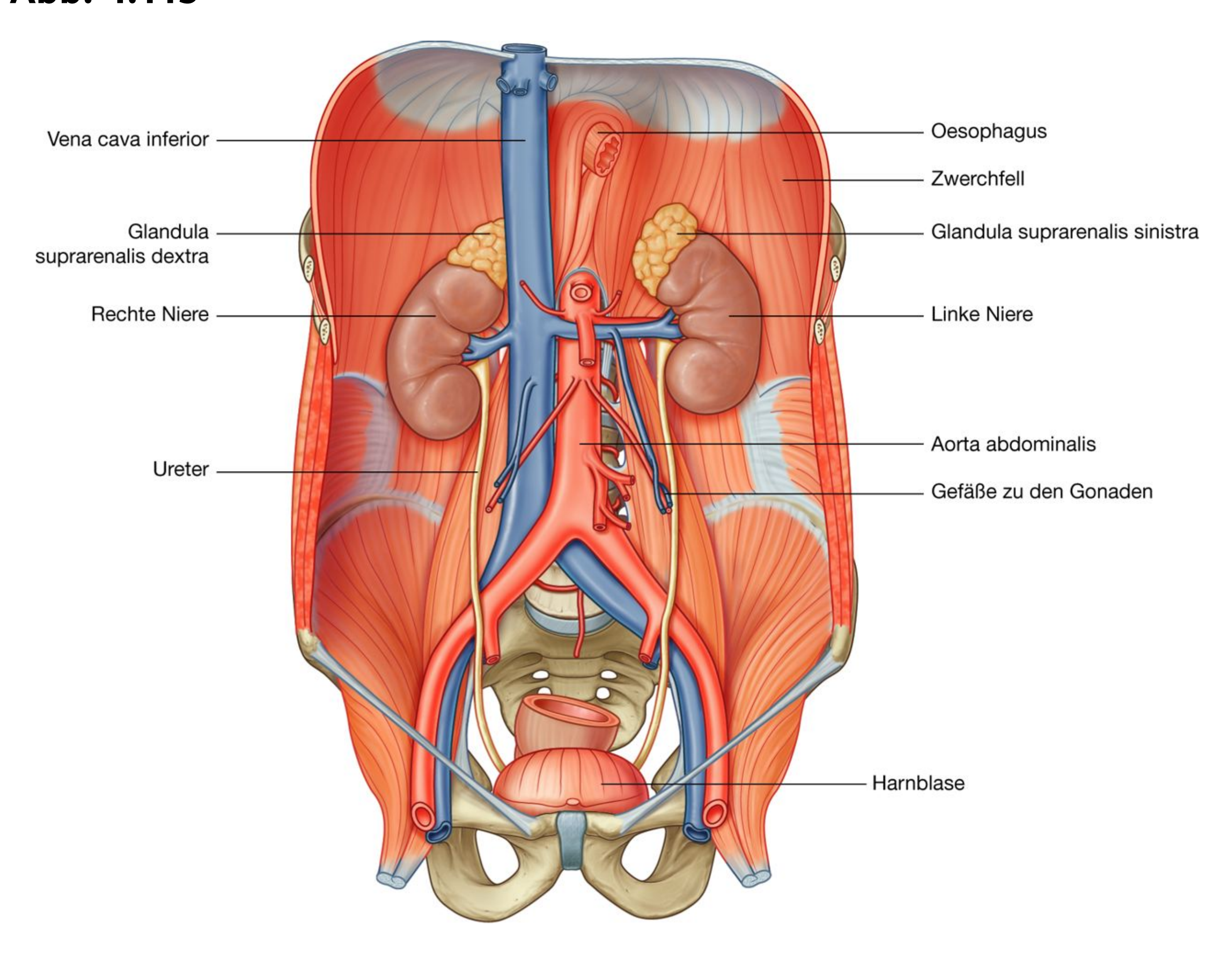
321
322

- Die postganglionäre sympathische Nervenfaser legt sich dem Nervenplexus um den Truncus coeliacus an und setzt sich über dessen Äste fort.
- Die postganglionäre sympathische Nervenfaser verläuft mit dem Nervenplexus, der die Äste des Truncus coeliacus begleitet und den Magen innerviert. Auf diese Weise gelangt sie schließlich zu ihrem Ziel.
- Der Impuls des Sympathikus kann die Aktivität des vom ENS kontrollierten Gastrointestinaltrakts modifizieren.

DORSALE ABDOMINALREGION

Die dorsale Abdominalregion befindet sich hinter dem abdominalen Anteil des Gastrointestinaltrakts sowie hinter der Milz und der Bauchspeicheldrüse (Abb. 4.113). Dieses Gebiet, das von Knochen und Muskulatur der hinteren Bauchwand begrenzt wird, enthält zahlreiche Strukturen, die nicht nur in direktem Zusammenhang mit den Aktivitäten des Abdominalinhalts stehen, sondern das Gebiet auch als Durchgang von einer Körperregion zur anderen nutzen, wie Dorsale Abdominalregion. beispielsweise die Aorta abdominalis, ihre zugehörigen Nervenplexus, die Vena cava inferior, die beiden Grenzstränge und Lymphgefäße. Es gibt auch Strukturen, die in diesem Gebiet entspringen und eine wichtige funktionelle Rolle für andere Körperregionen einnehmen, wie beispielsweise der Plexus lumbalis. Darüber hinaus stehen einige Organe während ihrer Entwicklung mit dem Gebiet in Verbindung und verbleiben auch später in der dorsalen Abdominalregion, wie beispielsweise die Nieren und die Nebennieren.

Abb. 4.113



Dorsale Abdominalregion.

Hintere Bauchwand

Knochen

Lendenwirbel und Kreuzbein

Auf die Mittellinie der hinteren Abdominalregion lassen sich die fünf Wirbelkörper der Lendenwirbel (Vertebrae lumbales) projizieren (Abb. 4.114). Aufgrund der zweiten, ventralkonvexen Krümmung der Wirbelsäule im Lumbalbereich (Lendenlordose) treten die Strukturen deutlich hervor.

322

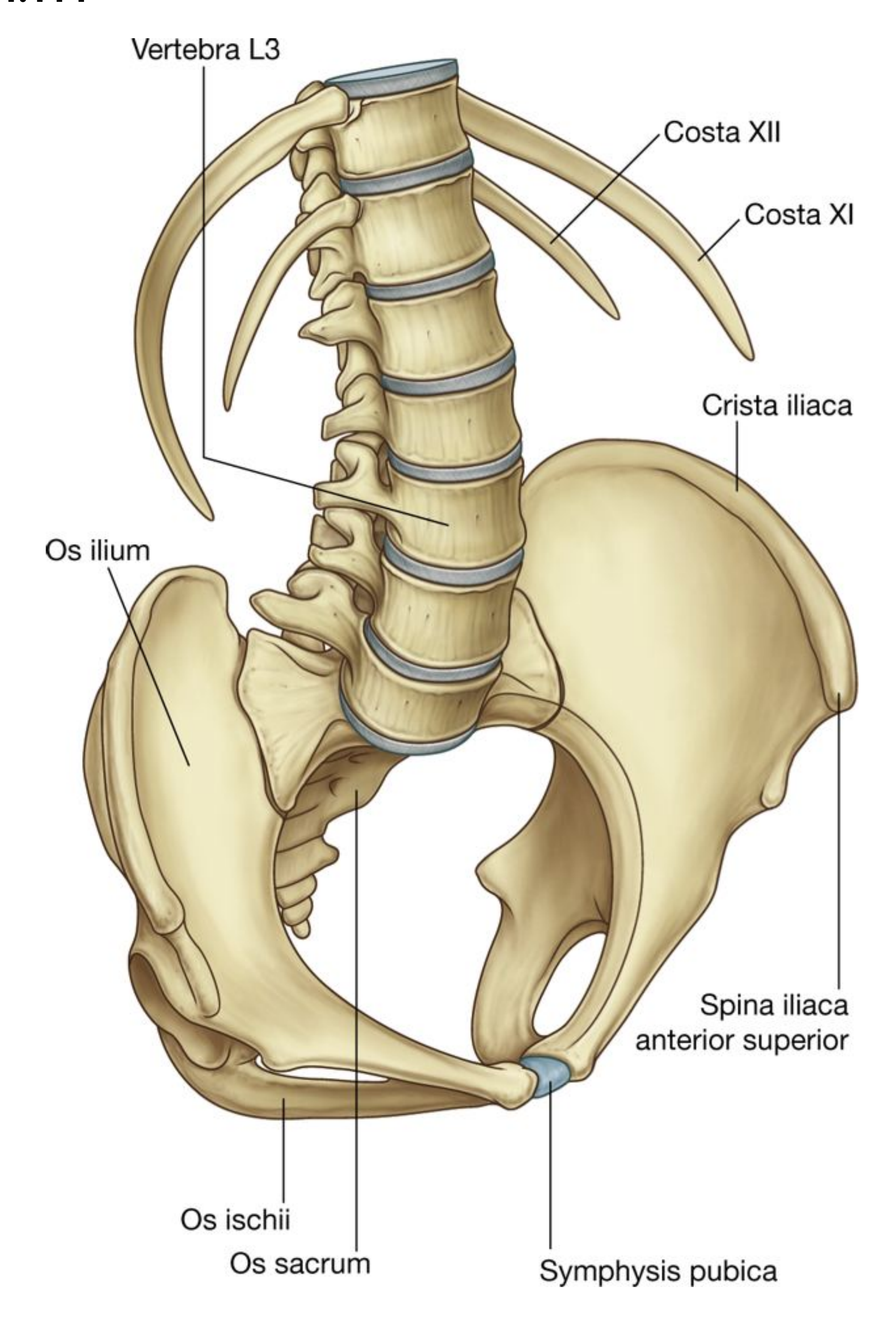
323

Die Lendenwirbel lassen sich aufgrund ihrer Größe von den Thorakal- und Sakralwirbeln unterscheiden, da sie größer sind als die Wirbel der andereren Regionen. Sie sind massiv und werden vom 1. bis zum 5. Lendenwirbel immer größer. Die Pediculi arcus vertebrae sind kurz und kräftig, die Processus transversi lang und dünn und die Processus spinosi groß und stämmig. Die Processus articulares sind ebenfalls groß und nach medial und lateral gerichtet, um Flexion und Extension dieses Wirbelsäulenabschnitts zu erleichtern.

Zwischen jedem Lendenwirbel befindet sich ein Discus intervertebralis, der die mediane Begrenzung der hinteren Bauchwand vervollständigt.

Unterhalb der Lendenwirbel besteht die mediane Begrenzung der hinteren Bauchwand aus dem Oberrand des Os sacrum (Abb. 4.114). Das Os sacrum geht aus der Fusion der fünf Sakralwirbel zu einem einzigen keilförmigen Knochen hervor, der kranial relativ breit ist und sich kaudal verschmälert. Die konkave Vorderseite und die konvexe Rückseite des Os sacrum enthalten die Foramina sacralia anteriora und posteriora als Durchtritt für die Rami anteriores und posteriores der Spinalnerven.

Abb. 4.114



Knochenbau der hinteren Bauchwand.

Beckenknochen

Die **Ossa ilium** sind als Teil jedes Os coxae am Aufbau der Iliosakralgelenke lateral am Os sacrum befestigt (Abb. 4.114). Der obere Anteil jedes Os ilium erstreckt sich nach außen in einen flügelförmigen Bereich, die **Fossa iliaca**. Die mediale Seite jedes Os ilium sowie die dazugehörige Muskulatur sind Bestandteile der hinteren Bauchwand.

Rippen

Kranial vervollständigen 11. und 12. Rippe das knöcherne Gerüst der hinteren Bauchwand (Abb. 4.114). Die Rippen sind insofern einzigartig, als sie nicht mit dem Sternum verbunden sind (Costae spuriae), an ihrem Kopf eine einzige Facies articularis besitzen und weder einen Rippenhals (Collum costae) noch einen Rippenhöcker (Tuberculum costae) besitzen.

Die 11. Rippe befindet sich hinter dem oberen Nierenpol der linken Niere; die 12. Rippe liegt hinter dem oberen Nierenpol beider Nieren. Außerdem dient die 12. Rippe vielen Muskeln und Bändern als Ursprung.

Muskulatur

Die Muskulatur, die die mediale, laterale, kaudale und kraniale Begrenzung der hinteren Abdominalregion bildet, befindet sich innerhalb des knöchernen Gerüsts der hinteren Bauchwand (Tab. 4.2). Medial liegen die Musculi psoae major und minor; lateral dehnt sich der Musculus quadratus lumborum aus, kaudal der Musculus iliacus, und kranial liegt das Zwerchfell.

Musculi psoas major und minor

Medial bedeckt der **Musculus psoas major** die ventrolaterale Oberfläche der Lendenwirbel und füllt die Lücke zwischen den Wirbelkörpern und den Processus transversi (Abb. 4.115). Jeder Musculus psoas major ist am 12. Thorakalwirbel, an allen fünf Lendenwirbeln, an den Disci intervertebrales zwischen den Wirbeln sowie an den Processus transversi der Lendenwirbel befestigt. Der Musculus psoas major zieht entlang dem Beckenrand kaudalwärts, tritt unterhalb des Ligamentum inguinale durch die Lacuna musculorum in den Oberschenkel über und inseriert am Trochanter minor.

Der Musculus psoas major beugt bei fixiertem Rumpf den Oberschenkel im Hüftgelenk und hebt den Rumpf in Rückenlage gegen die Schwerkraft an. Er wird über Rami anteriores der Spinalnerven des Plexus lumbalis aus (Th12) L1 bis L4 innerviert.

Mit dem Musculus psoas major ist häufig der inkonstante **Musculus psoas minor** assoziiert, der auf der Oberfläche des Musculus psoas major liegt. Der schlanke Muskel entspringt an den Wirbelkörpern Th12 und L1 sowie am dazwischen liegenden Discus intervertebralis. 323
324
Seine lange Sehne setzt am Pecten ossis pubis des Beckenrandes und an der Eminentia iliopubica an.

Tab. 4.2 Muskulatur der hinteren Bauchwand

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus psoas major	Laterale Fläche der Wirbelkörper Th12 und L1–L5, Processus transversi der Lumbalwirbel, Disci intervertebrales zwischen den Wirbelkörpern Th12 sowie L1–L5	Trochanter minor	Rami anteriores des Plexus lumbalis (Th12) L1–L4	Beugung im Hüftgelenk, Seitneigung der Lendenwirbelsäule
Musculus psoas minor (inkonstant)	Laterale Fläche der Wirbelkörper Th12 und L1 sowie dazwischen liegende Disci intervertebrales	Pecten ossis pubis und Eminentia iliopubica	Rami anteriores des Plexus lumbalis L1 – L2	Beugung der Lendenwirbelsäule
Musculus quadratus lumborum	Processus transversus des Wirbelkörpers L5, Ligamentum iliolumbale und Crista iliaca	Processus transversi der Wirbelkörper L1–L4 sowie Unterrand der 12. Rippe	Nervus intercostalis XII, Rami anteriores des Plexus lumbalis Th12, L1 – L4	Einseitige Aktivität neigt den Rumpf zur Seite, beidseitige Aktivität senkt das 12. Rippenpaar, isometrische Kontraktion fixiert das 12. Rippenpaar im Rahmen der Zwerchfellkontraktion bei der Inspiration
Musculus iliacus	Obere zwei Drittel der Fossa iliaca, ventral am Ligamentum sacroiliacum und am Ligamentum iliolumbale sowie kraniolaterale Fläche des Os sacrum	Trochanter minor	Plexus lumbalis und Nervus femoralis L3–L4	Beugung im Hüftgelenk

Der Musculus psoas minor ist ein schwacher Beuger der Lendenwirbelsäule und wird über Rami anteriores der Spinalnerven des Plexus lumbalis aus L1 innerviert.

Musculus quadratus lumborum

Beidseits lateral der Wirbelsäule füllt der Musculus quadratus lumborum die Lücke zwischen der 12. Rippe und der Crista iliaca aus (Abb. 4.115). Er wird medial vom Musculus psoas major überlappt; an seinem lateralen Rand befindet sich der Musculus transversus abdominis.

Der Musculus quadratus lumborum entspringt am Processus transversus des 5. Lendenwirbels, am Ligamentum iliolumbale und am angrenzenden Teil der Crista iliaca. Kranial setzt er an den Processus transversi der ersten vier Lendenwirbel sowie am Unterrand der 12. Rippe an.

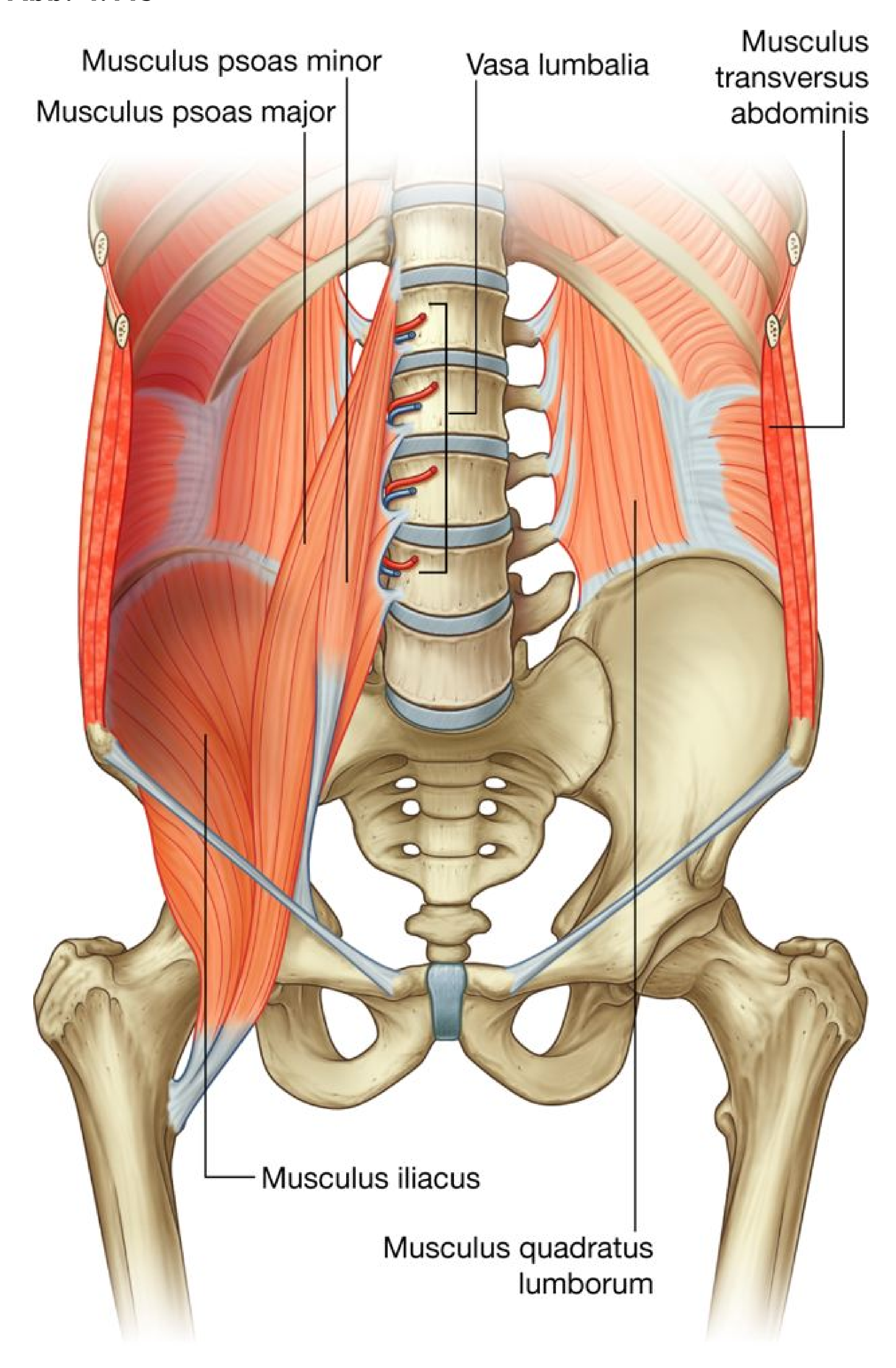
Der Musculus quadratus lumborum zieht die 12. Rippe nach unten, stabilisiert sie und hilft bei der Seitwärtsneigung des Rumpfes. Bei isometrischer Kontraktion fixiert er die 12. Rippe im Rahmen der Zwerchfellkontraktion bei der Inspiration. Gemeinsam strecken die Muskeln beider Seiten die Lumbalwirbelsäule. Die Innervation erfolgt über Rami anteriores der Spinalnerven Th12 und L1 bis L4 aus dem Plexus lumbalis.

Musculus iliacus

Kaudal füllt auf jeder Seite ein **Musculus iliacus** die jeweilige Fossa iliaca aus (Abb. 4.115). Von diesem ausgedehnten Ursprungsort der gesamten Fossa iliaca zieht der Muskel kaudalwärts, vereinigt sich mit dem Musculus psoas major, tritt mit diesem gemeinsam durch die Lacuna musculorum zum Oberschenkel und setzt am Trochanter minor an. In ihrem gemeinsamen Verlauf werden Musculus psoas major und Musculus iliacus als **Musculus iliopsoas** zusammengefasst.

Ähnlich dem Musculus psoas major beugt auch der Musculus iliacus bei fixiertem Rumpf den Oberschenkel im Hüftgelenk und hebt in Rückenlage den Oberkörper gegen die 324
325 Schwerkraft an. Die Innervation erfolgt über den Plexus lumbalis und den Nervus femoralis aus L3 und L4.

Abb. 4.115



Muskulatur der hinteren Bauchwand.

Zwerchfell

Kranial bildet das Zwerchfell (Diaphragma) die Begrenzung der hinteren Abdominalregion. Dieses muskulotendinöse Blatt trennt auch die Bauchhöhle von der Brusthöhle.

Strukturell besteht das Zwerchfell aus einer zentral gelegenen Bindegewebsplatte (Centrum tendineum), an deren Rand Muskelfasern ansetzen (Abb. 4.116). Das Zwerchfell ist über Muskelschenkel an der unteren Thoraxapertur befestigt. Man unterscheidet:

- ventral jeweils eine Pars sternalis, die sich rechts und links vom Sternum zum Centrum tendineum erstreckt
- lateral jeweils eine große Pars costalis, die sich rechts und links vom Rippenbogen und von den kaudalen Rippen zum Centrum tendineum erstreckt
- dorsal eine Pars lumbalis, die sich vom Ligamentum longitudinale anterius der Lumbalwirbelsäule zum Centrum tendineum erstreckt.

Die Pars lumbalis wird weiter unterteilt in ein Crus dextrum und ein Crus sinistrum (beide Crura werden jeweils noch weiter in ein Crus mediale, Crus intermedium und Crus laterale unterteilt).

- Das **Crus dextrum**, das längere und breitere der beiden **Crura**, ist an den Körpern der Lendenwirbel L1 bis L3 sowie an den dazwischen liegenden Disci intervertebrales befestigt (Abb. 4.117).
- Das **Crus sinistrum** ist an den Lendenwirbeln L1 und L2 sowie an den dazugehörigen Disci intervertebrales befestigt.

Die beiden Crura (jeweils Crus mediale dextrum und Crus mediale sinistrum) sind an der Mittellinie über einen bindegewebigen Bogen, das **Ligamentum arcuatum medianum** (Aortenarkade), das sich vor der Aorta befindet, verbunden (Abb. 4.117).

Lateral davon bilden Anteile des jeweiligen Crus dextrum oder Crus sinistrum einen zweiten Sehnenbogen über den oberen Teil des Musculus psoas major (Psoasarkade). Dieser als **Ligamentum arcuatum mediale** bezeichnete Sehnenbogen ist medial an den Seiten des 1. und 2. Lendenwirbels und lateral am Processus transversus des 1. Lendenwirbels befestigt (Abb. 4.117).

Noch weiter lateral überbrückt ein dritter Sehnenbogen, der als **Ligamentum arcuatum laterale** bezeichnet wird, den Musculus quadratus lumborum (Quadratusarkade). Der vom jeweiligen Crus laterale dextrum oder sinistrum gebildete Bogen ist medial am Processus transversus des 1. Lenden-wirbels und lateral an der 12. Rippe befestigt (Abb. 4.117). Die Ligamenta arcuata mediale und laterale werden auch als Haller-Bögen bezeichnet und dienen als Ursprungsort für einige muskuläre Komponenten des Zwerchfells.

Strukturen, die durch oder um das Zwerchfell verlaufen

Zahlreiche Strukturen ziehen durch oder um das Zwerchfell (Abb. 4.116):

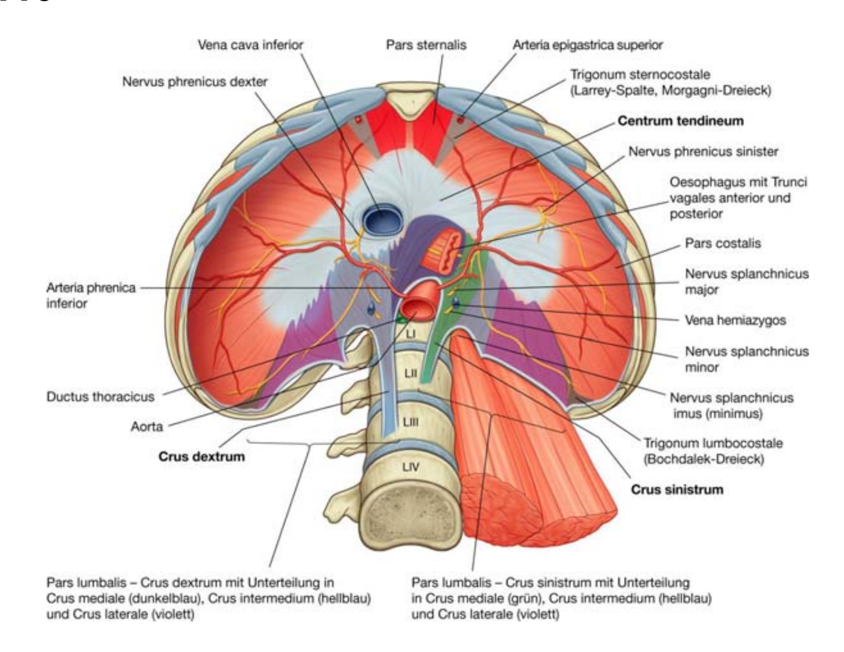
- Die Aorta zieht hinter dem Zwerchfell und vor dem 12. Thorakalwirbel entlang und befindet sich somit zwischen den beiden lumbalen Zwerchfellschenkeln (jeweils zwischen Pars medialis des Crus dextrum und des Crus sinistrum der Partes lumbales) sowie hinter dem Ligamentum arcuatum medianum (Aortenarkade) direkt links neben der Mittellinie.
- Durch den Hiatus aorticus zieht mit der Aorta der Ductus thoracicus und manchmal die Vena azygos.
- Der Ösophagus tritt leicht links oberhalb vom Hiatus aorticus in Höhe des 10. Thorakalwirbels durch die Muskulatur des rechten Zwerchfellschenkels (Pars medialis des Crus dextrum).
- Mit dem Ösophagus treten die Trunci vagales anterior und posterior, die Rami oesophageales der Arteria und Vena gastrica sinistra sowie einige Lymphgefäße durch den Hiatus oesophageus.

325

326

- Die dritte große Zwerchfellöffnung ist das Foramen venae cavae, durch das ungefähr auf Höhe des 8. Thorakalwirbels etwas rechts von der Wirbelsäule im Centrum tendineum des Zwerchfells die Vena cava inferior aus der Bauchhöhle in die Thoraxhöhle übertritt (Abb. 4.116).
- Mit der Vena cava inferior zieht der Nervus phrenicus dexter durch das Foramen venae cavae.

Abb. 4.116



Zwerchfell.

Weitere Strukturen gelangen durch kleine Öffnungen innerhalb oder außerhalb des Zwerchfells von der Thoraxhöhle in die Bauchhöhle (Abb. 4.116):

- Die Nervi splanchnici major und minor verlaufen an jeder Seite durch die Zwerchfellschenkel (meist zwischen Crus mediale und Crus intermedium des jeweiligen Crus dextrum oder Crus sinistrum).
- Die Vena hemiazygos zieht durch den linken Zwerchfellschenkel (zwischen Crus mediale und Crus intermedium).
- Die Grenzstränge ziehen auf jeder Seite hinter dem Ligamentum arcuatum mediale hindurch.
- Die Vasa epigastrica superiora treten beidseits durch das Trigonum sternocostale zwischen Pars sternalis und Pars costalis diaphragmatis und werden zu den Vasa thoracica interna (mammaria).
- Der Nervus phrenicus sinister tritt auf der linken Seite vom Brustraum durch die Pars costalis diaphragmatis.
- Weiter kleine Gefäße und Nerven, wie beispielsweise Gefäße der Zwerchfellmuskulatur oder Äste einiger Interkostalnerven, treten an bestimmten Stellen ebenfalls durch das Zwerchfell.

Zwerchfellkuppeln

Die klassische Form der rechten und linken Zwerchfellkuppel wird durch die darunterliegenden abdominalen Organe, die die lateralen Anteile des Zwerchfells nach kranial drücken, sowie durch das Perikard, das zentral am Zwerchfell befestigt ist und diese Stelle abflacht, hervorgerufen (Abb. 4.118).

Die Zwerchfellkuppeln entstehen:

- rechts durch die Leber, teilweise auch durch die rechte Niere und die rechte Nebenniere
- links durch den Magenfundus und die Milz sowie zum Teil durch die linke Niere und die linke Nebenniere.

Obwohl die Höhe der Zwerchfellkuppeln atmungsabhängig ist, steht die linke Kuppel bei normaler Exspiration auf Höhe des 5. Interkostalraums; die Kuppel der rechten Seite befindet sich bei normaler Exspiration auf Höhe der 5. Rippe.

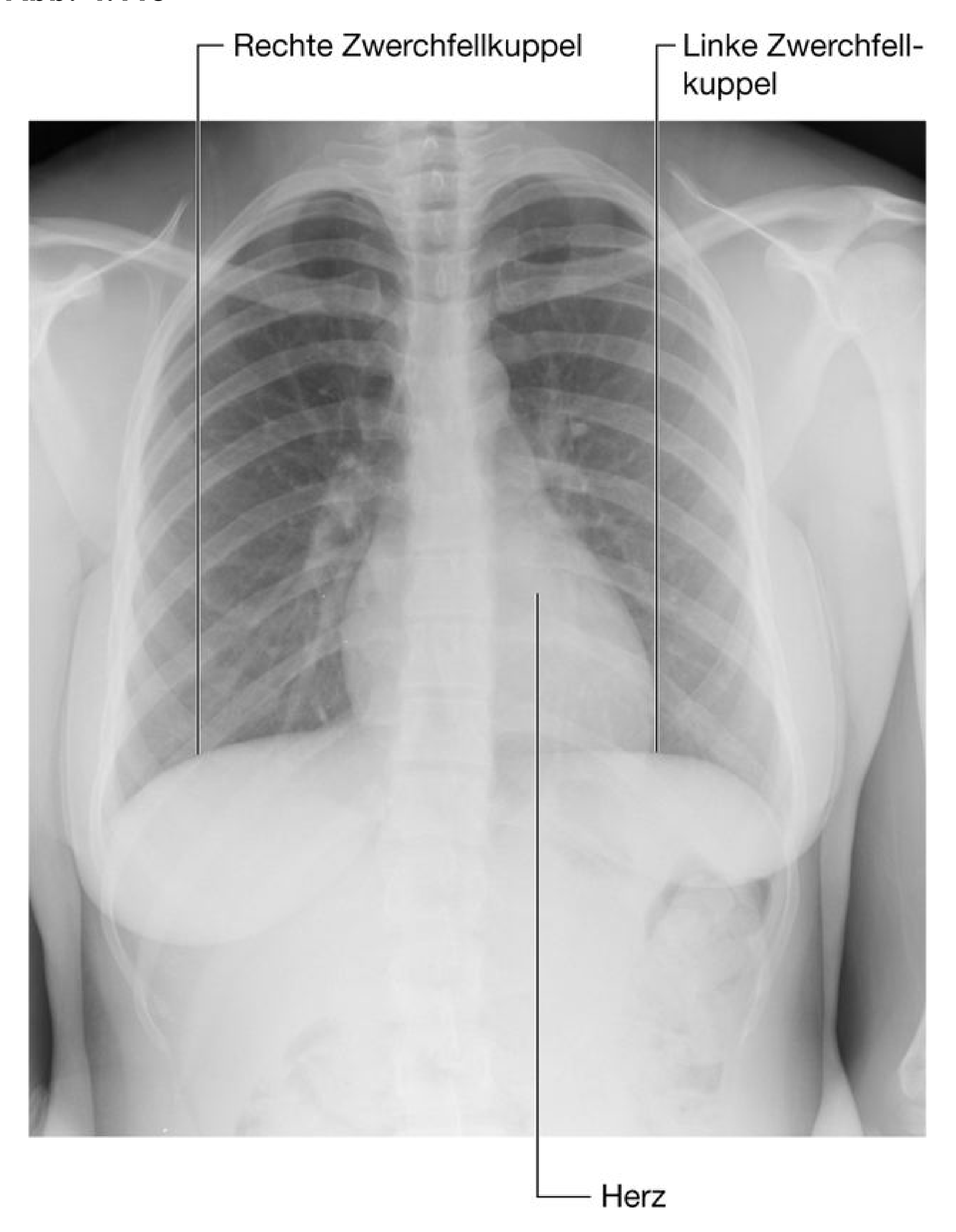
326
327

Abb. 4.117

Th12
Oesophagus
Ligamentum arcuatum mediale (Aortenarkade)
L1
L2
L3
Costa XII
Crus dextrum
Crus sinistrum
Ligamentum arcuatum laterale (Quadratusarkade)
Ligamentum arcuatum mediale (Psoasarkade)

Zwerchfellschenkel.

Abb. 4.118



Zwerchfellkuppeln im Röntgen-Thorax.

Bei der Inspiration kontrahieren die muskulären Anteile des Zwerchfells (Partes sternales, costales und lumbales diaphragmatis), sodass das Centrum tendineum nach kaudal gezogen wird. Die Kontraktion bewirkt eine Abflachung der Zwerchfellkuppeln, eine Vergrößerung der Thoraxhöhle und eine Abnahme des intrathorakalen Drucks. Im Rahmen der Zwerchfellkontraktion, die parallel mit der Kontraktion weiterer Muskeln (wie der Musculi intercostales externi) einhergeht, gelangt Luft in die Lungen; der venöse

Rückstrom zum Herz wird erleichtert. Bei normaler Inspiration befindet sich die rechte Zwerchfellkuppel auf Höhe der 6. Rippe; die linke Zwerchfellkuppel steht bei normaler Inspiration auf Höhe der 5. Rippe.

Mit Ausnahme des Centrum tendineum ist das Zwerchfell auf der thorakalen Seite von Pleura parietalis bedeckt; auf der abdominalen Seite wird es von Peritoneum parietale überzogen. Das Centrum tendineum ist auf der thorakalen Seite mit dem Herzbeutel verschmolzen; auf der abdominalen Seite sind Centrum tendineum und Area nuda der Leber miteinander verschmolzen.

Blutversorgung

Das Zwerchfell wird an seiner Ober- und Unterseite mit Blut versorgt:

- Kranial erreichen jeweils rechte und linke **Arteria musculophrenica** sowie **Arteria pericardicophrenica**, beides Äste der **Arteria thoracica interna**, sowie rechte und linke **Arteria phrenica superior**, ein Ast der **Aorta thoracica**, das Zwerchfell.
- Kaudal versorgen die **Arteriae phrenicae inferiores**, Äste der **Aorta abdominalis**, das Zwerchfell (Abb. 4.116).

Der venöse Abfluss erfolgt über entsprechende Venen, die mit den Arterien verlaufen.

Innervation

Das Zwerchfell ist der größte Atemmuskel des Körpers. Die Innervation des Zwerchfells erfolgt hauptsächlich durch die **Nervi phrenici**. Die beiden Nerven, die aus dem Plexus cervicalis (C3 – C5) hervorgehen, enthalten sämtliche Fasern für die motorische Innervation des Zwerchfells sowie sensible Fasern. Die Nerven ziehen links und rechts zwischen Pleura mediastinalis und dem Perikard durch die Thoraxhöhle bis zur Oberfläche des Zwerchfells und innervieren beide Strukturen sensibel. Auf der rechten Seite begleitet der Nervus phrenicus dexter die Vena cava inferior durch das Zwerchfell; auf der linken Seite tritt der Nervus phrenicus sinister allein in der Nähe des Centrum tendineum zentral durch die Pars costalis diaphragmatis (Abb. 4.116). Beide Nervi phrenici verzweigen sich unterhalb des Zwerchfells. Sensible Fasern innervieren den Peritonealüberzug (Peritoneum parietale auf der Zwerchfellunterseite).

327

328

Klinik

Senkungsabszess des Musculus psoas

Auf den ersten Blick ist es unverständlich, warum die Psoasfaszie wichtiger sein soll als andere Muskelfaszien. Der Musculus psoas entspringt nicht nur an den Wirbelkörpern, sondern auch an den Zwischenwirbelscheiben des 12. Brust- sowie des 1. bis 5. Lendenwirbels. Im Rahmen bestimmter Infektionen, beispielsweise bei Knochentuberkulose oder einer durch Salmonellen hervorgerufenen Entzündung, kommt es oftmals zunächst zu einer Entzündung und Einschmelzung der

Zwischenwirbelscheiben (Diszitis). Die Infektion breitet sich dabei häufig nach vorn und zur Seite aus. Dabei kann die Infektion in die Psoasloge einbrechen und sich in der gemeinsamen Faszienloge der Musculi iliopsoas und quadratus lumborum vom 12. Brustwirbel bis zum Trochanter minor und damit bis in den Oberschenkel ausdehnen (sog. Senkungsabszesse). Der Senkungsabszess kann unter dem Leistenband als Schwellung imponieren und den Nervus femoralis komprimieren.

Klinik

Zwerchfellhernien

Um zu verstehen, warum am Zwerchfell Hernien auftreten können, muss man sich die Embryologie des Zwerchfells vergegenwärtigen. Das Zwerchfell geht entwicklungsgeschichtlich aus dem Septum transversum über der Leber und aus der Pleuroperitonealfalte hervor, die als Wulst von der dorsalen Leibeswand auf das Septum transversum zuwächst und die Zolömkanäle von kaudal verschließt. Aus dem Septum transversum entsteht das Centrum tendineum. Die Myoblasten für die quergestreifte Muskulatur der jeweils drei Zwerchfellanteile (Pars sternalis, Pars costalis und Pars lumbalis) wandern aus den zervikalen Myotomen ein.

Das Zusammenwachsen der unterschiedlichen Strukturen kann fehlerhaft ablaufen. Im Bereich der Schwachstellen kann es zur Ausbildung von Hernien oder offenen Defekten zwischen Brust- und Bauchhöhle kommen. Die häufigsten Schwachstellen sind:

- das Trigonum sternocostale (Larrey-Spalte; Morgagni-Dreieck) zwischen Pars sternalis und Pars costalis diaphragmatis (Morgagni-Hernie)
- das Trigonum lumbocostale (Bochdalek-Dreieck) zwischen Pars costalis und Pars lumbalis diaphragmatis (Bochdalek-Hernie).

Hernien können angeboren (Hernia diaphragmatica spuria – meist Bochdalek-Dreieck) oder erworben (Hernia diaphragmatica vera – oft präösophageale Hiatushernie oder Gleithernie) sein. Morgagni- und Bochdalek-Hernien sind meist angeboren oder treten während der Geburt oder in früher Kindheit auf. Sie ermöglichen den Übertritt abdominaler Eingeweide in die Brusthöhle, komprimieren somit die Lunge und reduzieren die Atmungsfunktion. Die komplette Verlagerung des Magens in den Bruskorb wird als „upsidedown stomach“ bezeichnet. Die meisten dieser Hernien benötigen eine chirurgische Korrektur der Schwachstelle im Zwerchfell.

Gelegentlich kommt es vor, dass durch kleine Schwachstellen im Zwerchfell zwar keine Eingeweide, dafür aber Flüssigkeit frei beweglich ist. Dabei können Patienten mit einem Aszites einen Pleuraerguss entwickeln, und umgekehrt kann es bei Patienten mit Pleuraergüssen zu Aszitesbildung kommen, wenn solche Schwachstellen im Zwerchfell vorliegen.

328

329

Klinik

Hiatushernie

Auf Höhe des Hiatus oesophageus kann das Zwerchfell schlaff sein, sodass sich der Magen (eventuell auch weitere Bauchorgane) teilweise bis vollständig durch den Hiatus oesophageus in den Brustkorb verlagert (mit dem Peritoneum als Bruchsack; Abb. 4.119). Dies führt normalerweise zum Säurereflux (Sodbrennen). Solche Hernien können mit Schluck-störungen (Dysphagie), ösophagealem Reflux, Atemnot, pektanginösen Beschwerden, Retrosternalschmerz, Speiseröhrenentzündung, Bluterbrechen und Einklemmung einhergehen. Die Diagnose wird mittels Endoskopie oder Bariumkontrastdarstellung gestellt. Die Therapie erfolgt in leichteren Fällen zunächst konservativ; es kann aber auch eine Operation notwendig werden.



Abb. 4.119



Unterer Ösophagusabschnitt und oberer Magenanteil zeigen eine Hiatushernie. Zur Röntgenaufnahme ist Bariumsulfat verwendet worden.

Organe

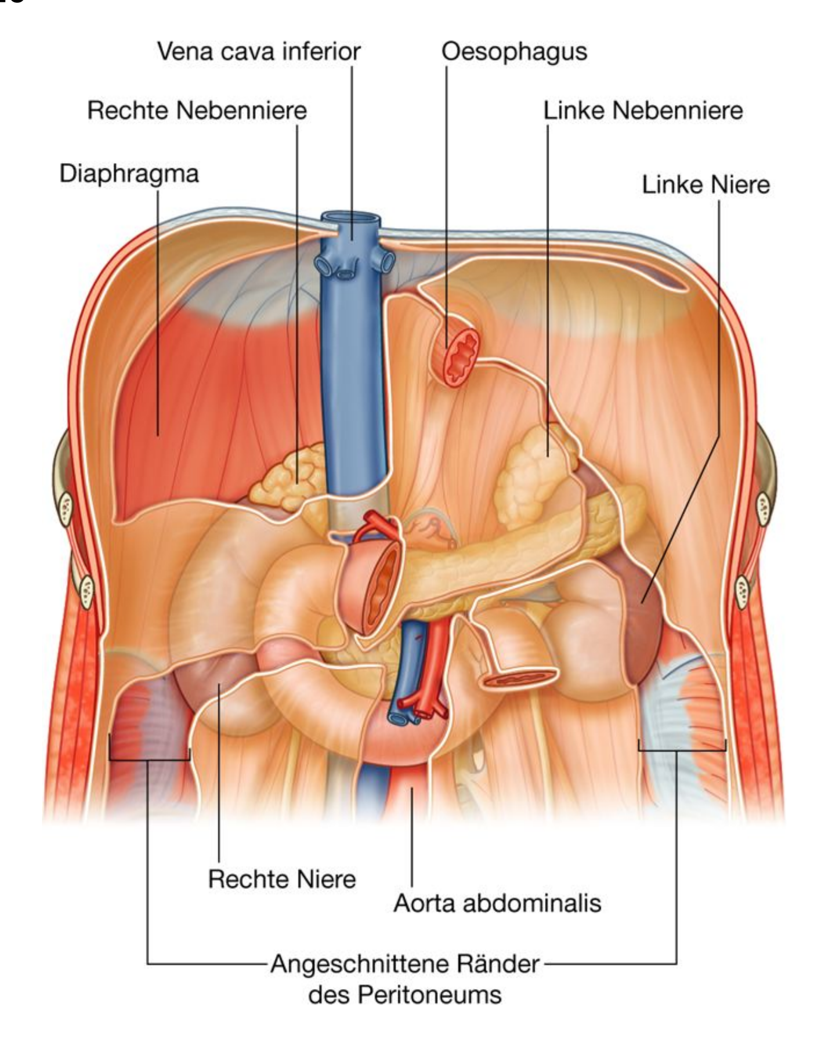
Nieren

Die bohnenförmigen Nieren liegen retroperitoneal in der hinteren Abdominalregion (Abb. 4.120), unmittelbar lateral der Wirbelsäule im Fett- und Bindegewebe des Spatium extraperitoneale. In Rückenlage reichen die Nieren ungefähr vom 12. Thorakalwirbel kranial bis zum 3. Lendenwirbel kaudal. Die rechte Niere liegt aufgrund ihrer Nähe zur Leber etwas weiter kaudal als die linke Niere. Obwohl sich die beiden Nieren in Größe und Form ähneln, ist die linke Niere meist länger und schlanker als die rechte Niere und befindet sich näher an der Mittellinie.

Beziehungen zu anderen Strukturen

Die Vorderfläche der rechten Niere liegt in der Nähe zahlreicher Strukturen, die sie zum Teil direkt berühren, zum Teil aber auch durch eine Schicht Peritoneum von ihr getrennt sind (Abb. 4.121):

Abb. 4.120



Retroperitoneale Lage der Nieren in der hinteren Abdominalregion.

- Ein kleiner Teil des **oberen Nierenpols** wird von der rechten Nebenniere bedeckt.
- Weiter kaudal ist der Rest der kranialen **Vorderfläche** der Niere durch Peritoneum parietale von der Leber getrennt.

329
330

- Medial liegt die Pars descendens des Duodenums retro-peritoneal und hat somit Verbindung mit der Niere.
- Der **untere Nierenpol** steht an seiner lateralen Seite direkt mit der rechten Kolonflexur in Verbindung und wird an seiner medialen Seite von einem Abschnitt des intraperitoneal liegenden Dünndarms bedeckt.

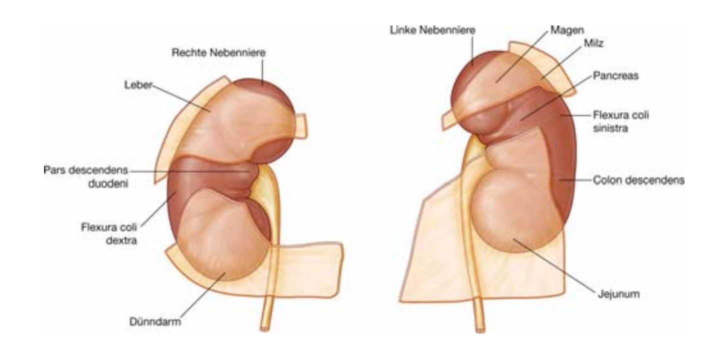
Die Vorderfläche der linken Niere steht ebenso mit zahlreichen Strukturen in Verbindung, die zum Teil direkt, zum Teil aber auch durch eine dazwischen liegende Schicht Peritoneum von ihr getrennt sind (Abb. 4.121):

- Ein kleiner Teil des oberen Nierenpols wird medial von der linken Nebenniere getrennt.
- Der Rest des oberen Nierenpols wird vom intraperitoneal liegenden Magen und von der Milz bedeckt.
- Weiter kaudal bedeckt die retroperitoneal liegende Bauchspeicheldrüse den mittleren Anteil der Niere.
- Lateral wird die untere Nierenhälfte von der linken Kolonflexur und dem Anfang der Pars descendens duodeni bedeckt; an ihrer medialen Seite wird sie von Teilen des intraperitoneal liegenden Jejunums überlagert.

Dorsal stehen linke und rechte Niere mit ähnlichen Strukturen in Verbindung (Abb. 4.122). Kranial befindet sich das Zwerchfell, und weiter kaudal, von medial nach lateral verlaufend, befinden sich die Musculi psoas major, quadratus lumborum sowie transversus abdominis.

Der obere Pol der rechten Niere liegt vor der 12. Rippe; der gleiche Anteil der linken Niere befindet sich vor der 11. und 12. Rippe. Die Pleurahöhle und besonders die Recessus costodiaphragmatici erstrecken sich daher bis hinter die Nierenlager.

Abb. 4.121



Strukturen in der Nähe der Vorseite jeder Niere.

Die subkostalen Gefäße und Nerven sowie der Nervus iliohypogastricus und der Nervus ilioinguinalis verlaufen ebenfalls hinter den Nieren.

Nierenlager mit Nierenkapsel

Die Nieren sind von einer besonderen Hülle aus Fettgewebe und Faszie umgeben. Direkt außerhalb der Nierenkapsel (Capsula fibrosa) befindet sich eine Ansammlung extraperitonealen Fettgewebes, das als **Capsula adiposa** die Nieren komplett umhüllt (Abb. 4.123). Dieses perirenale Fettgewebe wird von einer Abspaltung der Fascia transversalis, der **Fascia renalis**, begrenzt. Die Nebennieren befinden sich ebenfalls innerhalb dieser Faszienloge und sind normalerweise durch ein dünnes Septum von den Nieren getrennt. *Die Fascia renalis muss bei jedem chirurgischen Eingriff in dieser Region durchtrennt werden, um an die Nieren zu gelangen.*

Am lateralen Rand jeder Niere vereinigen sich vorderes und hinteres Blatt der Fascia renalis (Abb. 4.123). Beide Blätter strahlen an der lateralen Bauchwand gemeinsam in die Fascia transversalis ein.

Oberhalb jeder Nebenniere vereinigen sich vorderes und hinteres Blatt der Fascia renalis ebenfalls und strahlen in das Peritoneum parietale ein, das das Zwerchfell auf seiner Unterseite bedeckt.

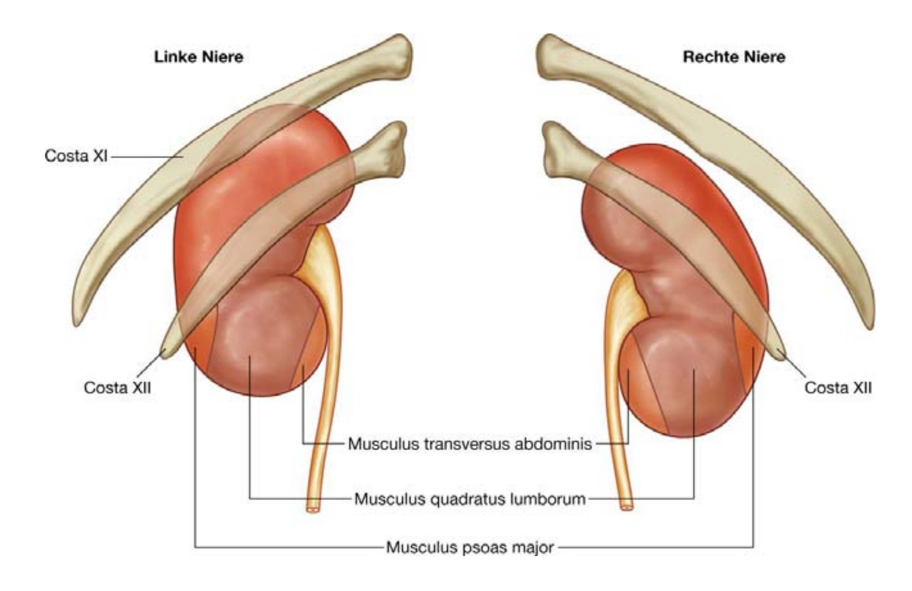
Auf der medialen Seite setzt sich die Fascia renalis über die Gefäße fort und verwächst mit dem Bindegewebe der Aorta abdominalis und der Vena cava inferior (Abb. 4.123). In einigen Fällen kann die vordere Schicht die Mittellinie überkeuzen und sich mit ihrem Pendant der gegenüberliegenden Seite verbinden.

330

331

Das hintere Blatt der Fascia renalis zieht zwischen Niere und der Faszie des Musculus quadratus lumborum nach medial. Hier strahlt es in die Faszie des Musculus psoas major ein.

Abb. 4.122



Strukturen in der Nähe der Rückseite jeder Niere.

Kaudal umschließen vorderes und hinteres Blatt der Fascia renalis die Ureteren.

Außerhalb der Fascia renalis und der von ihr umschlossenen Capsula adiposa befindet sich ein weiterer von Fettgewebe ausgefüllter Raum, das Spatium extraperitoneale, das im Bereich der Hinterwand des Abdomens im Gegensatz zur Vorderwand ein richtiges Spatium darstellt. Das Fettgewebe wird als Corpus adiposum pararenale bezeichnet (Abb. 4.123). *Durch Schwund des Fettgewebes im Bereich der Capsula adiposa und des Corpus adiposum pararenale bei Tumorkachexie kommt es zur Ptose der Niere (Wanderniere; Senkungsniere). Dabei kann der Ureter abknicken, und es kann zu Harnabflussstörungen kommen.*

Gliederung der Niere

Jede Niere hat eine glatte Vorder- und Rückseite, die jeweils von einer fibrösen Kapsel bedeckt ist. Die Kapsel ist mit der Niere fest verwachsen.

Am medialen Rand jeder Niere befindet sich das **Hilum renale**, ein tiefer vertikaler Einschnitt, durch den die Nierengefäße, Lymphgefäße und Nerven ein- und austreten (Abb. 4.124). Innen setzt sich das Nierenhilum in den Sinus renalis fort. Die Capsula adiposa setzt sich bis in das Hilum und den Sinus renalis fort und umhüllt alle Strukturen.

Jede Niere besitzt eine äußere Rinde **(Cortex renalis)** und ein inneres Mark **(Medulla renalis)**. Die Nierenrinde ist ein mattes, bindegewebiges Band, das das Nierenmark vollständig umgibt. Erweiterungen der Rinde, **Columnae renales**, reichen in den inneren Anteil der Niere hinein und teilen das Mark in abgetrennte, dreieckige Nierenpyramiden, **Pyramides renales**.

Die Grundflächen der Nierenpyramiden sind auswärts zur Nierenrinde gerichtet; die Spitze jeder Nierenpyramide ist nach innen zum **Sinus renalis** gerichtet. Das apikale Ende jeder Nierenpyramide, die **Papilla renalis**, wird von einem kleinen Nierenkelch, **Calix renalis minor**, umschlossen.

Die kleinen Nierenkelche nehmen den gebildeten Urin auf und stellen den proximalen Anteil eines Röhrensystems dar, das über das Nierenbecken in den Ureter einmündet (Abb. 4.124). Innerhalb des Sinus renalis vereinigen sich jeweils mehrere Calices renales minores zu größeren Nierenkelchen, **Calices renales majores**. Zwei oder drei dieser Calices renales majores (Calices superior, medius und inferior) vereinigen sich schließlich zum trichterförmigen Nierenbecken, **Pelvis renalis**, das in das obere Ende des Ureters einmündet. Calices renales majores können auch fehlen; die Ausprägung des Nierenbeckens ist sehr variabel.

Gefäßversorgung und Lymphabfluss der Nieren

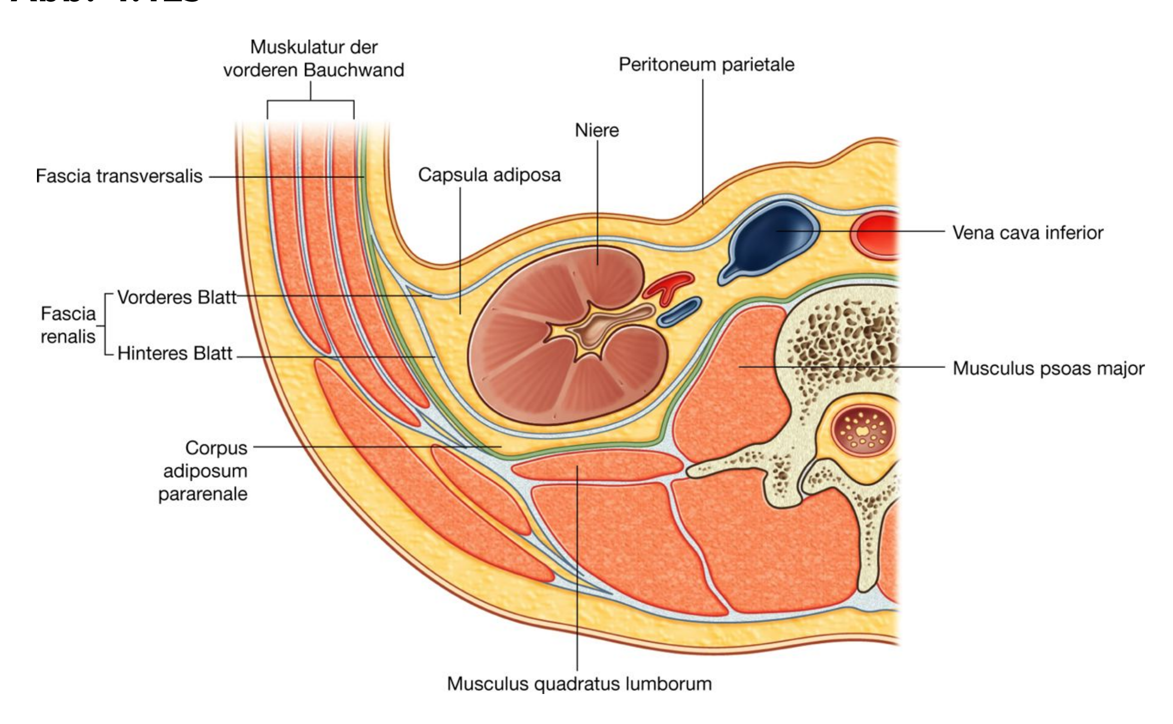
Eine einzige große **Arteria renalis**, ein Seitenast der Aorta abdominalis, versorgt jeweils eine Niere. Die Arteriae renales entspringen normalerweise direkt unterhalb des Abgangs

der Arteria mesenterica superior zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbel seitlich aus der Aorta abdominalis (Abb. 4.125).

331

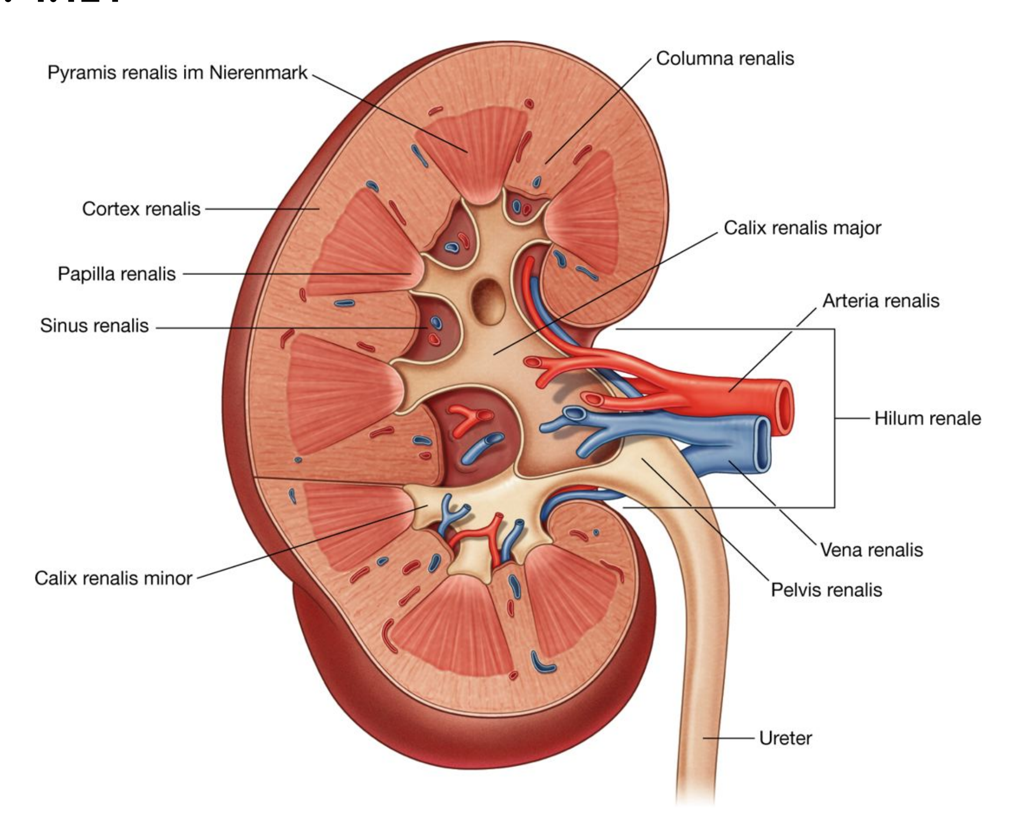
332

Abb. 4.123



Nierenlager mit Nierenkapsel.

Abb. 4.124



Innere Gliederung der Niere.

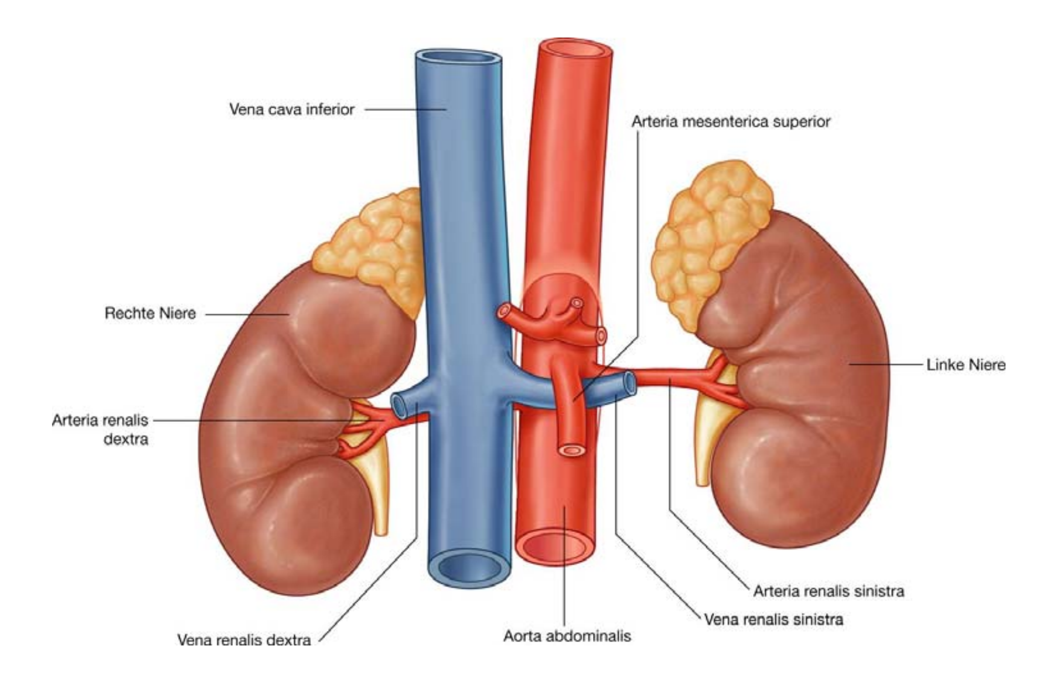
332

Die **Arteria renalis sinistra** entspringt normalerweise etwas weiter oberhalb als die **Arteria renalis dextra**, die länger ist und hinter der Vena cava inferior entlangzieht.

Nähert sich die jeweilige Arteria renalis dem Nierenhilum an, so teilt sie sich in vordere und hintere Arterienäste, die in das Hilum eintreten und das Nierenparenchym versorgen. Akzessorische Nierenarterien sind keine Seltenheit. Sie entspringen entweder oberhalb oder unterhalb der primären Arteria renalis am lateralen Rand der Aorta abdominalis und gelangen dann entweder gemeinsam mit der Arteria renalis in das Nierenhilum oder treten an einer anderen Stelle in die Niere ein. Solche akzessorischen Nierenarterien werden als obere oder untere (je nach Lage zur Arteria renalis) Polarterien bezeichnet.

Vena renalis sinistra und **Vena renalis dextra** gehen aus zahlreichen kleineren Venen hervor, die die Niere über das Nierenhilum verlassen. Die Venae renales verlaufen vor den Arteriae renales (Abb. 4.125). *Die längere Vena renalis sinistra kreuzt die Mittellinie vor der Aorta abdominalis und hinter der Arteria mesenterica superior. Sie kann bei einem Aneurysma eines der beiden Gefäße komprimiert werden. Im Rahmen der Entwicklung kommt es durch das Längenwachstum des Embryos zum Aszensus (Aufstieg) der Nieren. Dabei müssen die Nieren durch eine arterielle Gabelung treten, die durch die Nabelarterien gebildet wird. Findet dies bei einer Niere nicht statt, weil sie von einer Nabelarterie behindert wird, bleibt die Niere im Becken dicht neben der Arteria iliaca communis liegen und wird als Beckenniere bezeichnet. Manchmal werden beide Nieren beim Durchtritt durch die Arteriengabel so weit nach medial gelenkt, dass sie am unteren Pol miteinander verschmelzen und eine Hufeisenniere bilden. Eine Hufeisenniere geht in den meisten Fällen mit normaler Organfunktion einher. In Ausnahmefällen kann eine Kompression von Gefäßen und Nerven zu Beschwerden führen. Durch den abnormen Ureterverlauf kann es zur Verdrehung und Abknickung im proximalen Bereich des Ureters kommen.*

Abb. 4.125



Renale Gefäßversorgung.

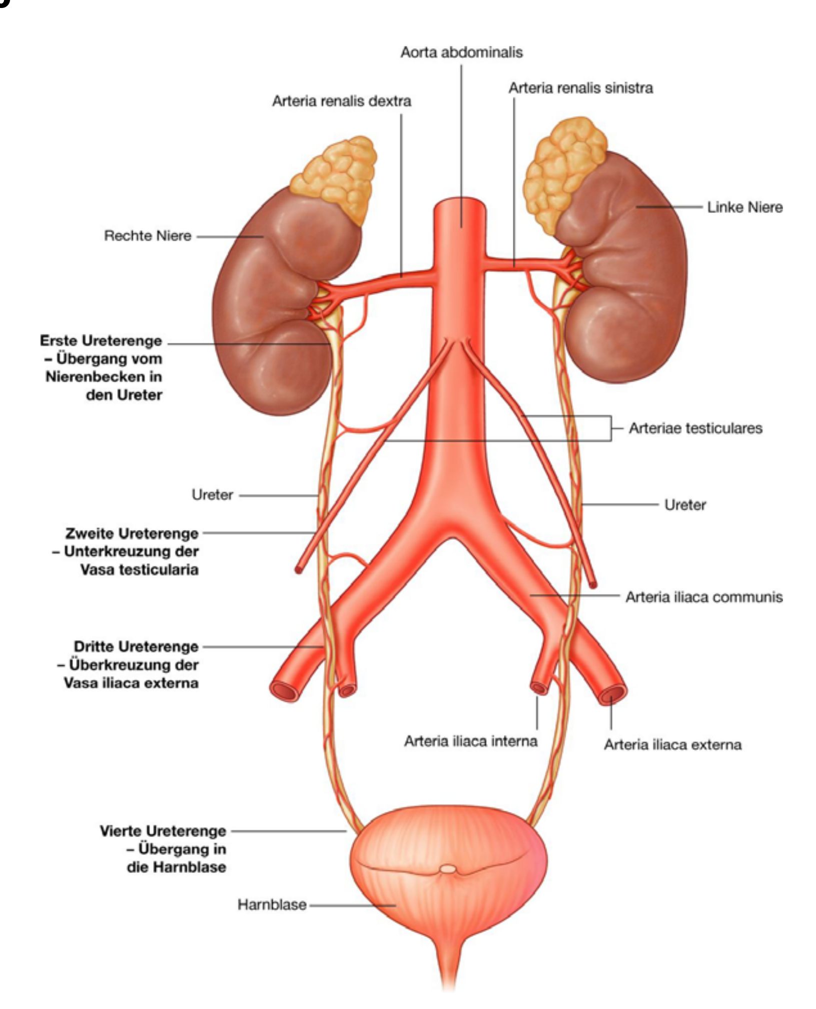
Der Lymphabfluss der beiden Nieren erfolgt über **Nodi lymphoidei lumbales**, die sich im Bereich des Abgangs der Arteria renalis befinden.

Harnleiter

Die Harnleiter (Ureter) sind muskuläre Röhren, die den Urin von der Niere zur Harnblase transportieren. Sie gehen kranial aus dem trichterförmigen Nierenbecken im Sinus renalis hervor. Das Nierenbecken wird meist durch die Vereinigung von zwei oder drei Calices renales majores gebildet, die wiederum aus mehreren kleinen Calices renales minores 333 bestehen (Abb. 4.124). Die kleinen Nierenkelche (Calices renales minores) umgeben die 334 Nierenpapillen.

Das Nierenbecken verschmälert sich zum Nierenhilum hin und setzt sich schließlich am **ureteropelvinen Übergang** in den Harnleiter fort (Abb. 4.126). Unterhalb des Übergangs ziehen die Harnleiter auf dem medialen Anteil des Musculus psoas major retroperitoneal kaudalwärts. Am Beckenrand kreuzen die Harnleiter entweder den letzten Abschnitt der Arteria iliaca communis oder den Anfangsteil der Arteria iliaca externa, ziehen in die Beckenhöhle und gelangen schließlich zur Harnblase.

Abb. 4.126



Harnleiter.

In ihrem Verlauf weisen die Ureter vier Engstellen auf (Abb. 4.126):

- Die erste Ureterenge befindet sich direkt unterhalb der Nieren am ureteropelvinen Übergang (Pars abdominalis).
- Die zweite Ureterenge liegt an der Unterkreuzung der Vasa testicularia/ovarica auf dem Musculus psoas major (Pars muscularis).
- Die dritte Ureterenge liegt an der Überkreuzung der Vasa iliaca externa (Pars pelvica).
- Die vierte Ureterenge befindet sich am Durchtritt durch die Wand der Harnblase (Pars intramuralis).

334
335

Blutversorgung und Lymphabfluss der Harnleiter

Die Harnleiter erhalten bei ihrem Abstieg zur Harnblase arterielle Äste der benachbarten Gefäße (Abb. 4.126):

- Die Arteriae renales versorgen den kranialen Abschnitt.
- Der mittlere Abschnitt kann Äste aus der Aorta abdominalis, der Arteria testicularis/ovarica und aus den Arteriae iliacae communes erhalten.
- In der Beckenhöhle wird der kaudale Abschnitt von einer oder mehreren Ästen der Arteria iliaca interna versorgt.

In jedem Fall teilen sich die Äste, die zu den Uretern ziehen, in aufsteigende und absteigende Äste, die entlang den Ureteren Anastomosen bilden.

Der Lymphabfluss der Harnleiter hat einen ähnlichen Aufbau wie die arterielle Gefäßversorgung. Die Lymphe aus

- dem kranialen Abschnitt eines jeden Ureters wird zu den Nodi lymphoidei lumbales drainiert
- dem mittleren Abschnitt eines jeden Ureters gelangt zu den Lymphknoten entlang den Vasa iliaca communia
- dem kaudalen Abschnitt eines jeden Ureters gelangt zu den Lymphknoten entlang den Vasa iliaca interna und externa.

Innervation der Harnleiter

Die Innervation der Harnleiter erfolgt über Nerven aus dem Plexus renalis, dem Plexus aorticus, dem Plexus hypogastricus superior und dem Plexus hypogastricus inferior, die mit den Blutgefäßen verlaufen.

Die efferenten Fasern sind sowohl sympathischen als auch parasympathischen Ursprungs; die afferenten Fasern verlaufen zu den Segmenten Th11 bis L2. Ureterschmerzen, die meist

auf einer Überdehnung des Ureters beruhen, strahlen daher häufig in die von Th11 bis L2 innervierten Dermatome aus. Zu diesen Hautarealen gehören meist die dorsale und laterale Bauchwand unterhalb der Rippen und oberhalb der Crista iliaca, die Schamgegend, bei Männern das Skrotum, bei Frauen die großen Schamlippen sowie bei beiden Geschlechtern der proximale vordere Anteil des Oberschenkels.

Klinik

Harnwegssteine

Harnwegssteine, Calculi, sind bei Männern häufiger als bei Frauen, haben zwischen dem 20. und 60. Lebensjahr ihren Häufigkeitsgipfel und kommen bei Personen mit vornehmlich sitzendem Lebensstil vermehrt vor. Harnsteine sind polykristalline Anhäufungen von Kalzium, Phosphat, Oxalat, Urat und anderen löslichen Salzen innerhalb einer organischen Matrix. Ist der Urin mit einem oder mehreren der Salze gesättigt, fallen sie schon bei kleinsten pH-Schwankungen aus. Die Patienten konsultieren den Arzt meist aufgrund kolikartiger Schmerzen (bei Uretersteinen), die von der Infraskapularregion bis zur Leistenregion, zum Teil sogar bis in das Skrotum oder die großen Schamlippen ausstrahlen. Es kann auch zum Auftreten von Blut im Urin kommen **(Hämaturie)**. Infektionen sollten ausgeschlossen werden, weil einige Bakterienspezies mit Harnwegssteinen in Verbindung stehen. Zu den Komplikationen von Harnwegssteinen gehören Infektionen, Harnabflussstörungen sowie Nierenversagen. Steine können sich auch innerhalb der Harnblase bilden, zu Reizungen der Blasenwand führen und so Schmerzen und Unwohlsein hervorrufen. Die Diagnose basiert auf der Krankengeschichte und dem Untersuchungsbefund. Auf Röntgenaufnahmen des Bauchraums können Steine oft sichtbar sein. Zu den besonderen Untersuchungsverfahren gehören:

- Ultraschalldiagnostik, die ein dilatiertes Nierenbecken und den oder die Harnsteine darstellen kann, wenn die Harnwege verlegt sind
- ein intravenöses Urogramm, das die Obstruktionsstelle präzise anzeigt und so dem Chirurgen ermöglicht, bei notwendiger Entfernung des Steins die Art des Eingriffs festzulegen.

335

336

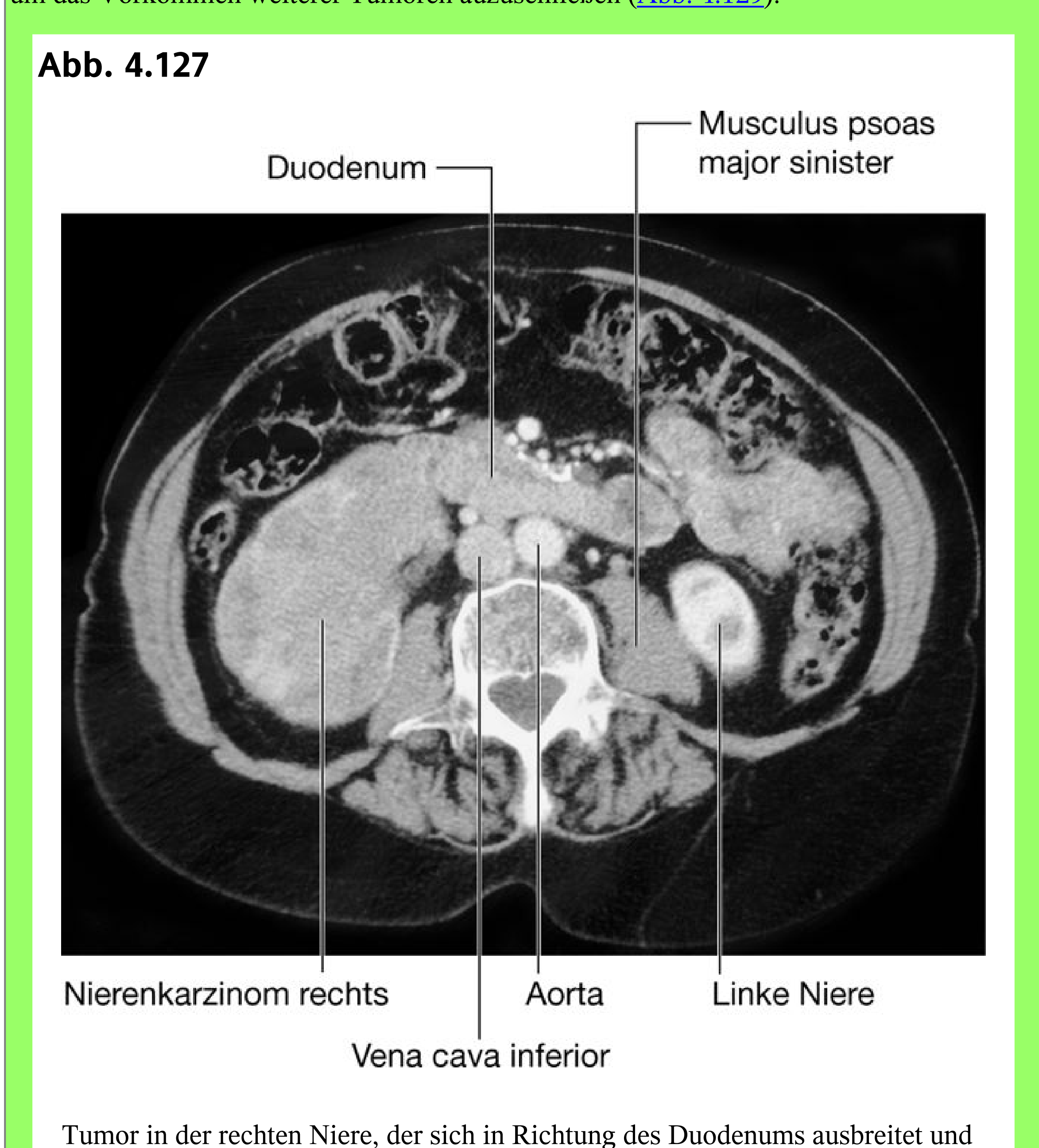
Klinik

Harnwegstumoren

Die meisten Tumoren, die in der Niere entstehen, sind Nierenzellkarzinome. Nierenzellkarzinome entstehen am proximalen Tubulusepithel. Ungefähr 5% der Tumoren innerhalb der Niere sind Übergangsepithelkarzinome, die am Urothel des Nierenbeckens entstehen. Die meisten Patienten haben Blut im Urin (Hämaturie), Schmerzen in der Infraskapularregion sowie eine vergrößerte Niere. Nierenzellkarzinome sind nicht nur ungewöhnlich, weil sie von der Niere in das umliegende Fett und die Faszie einwachsen, sondern auch, weil sie häufig über die Vena renalis metastasieren. Eine solche venöse Ausbreitung ist bei anderen Tumorarten selten. Daher sollte in einem

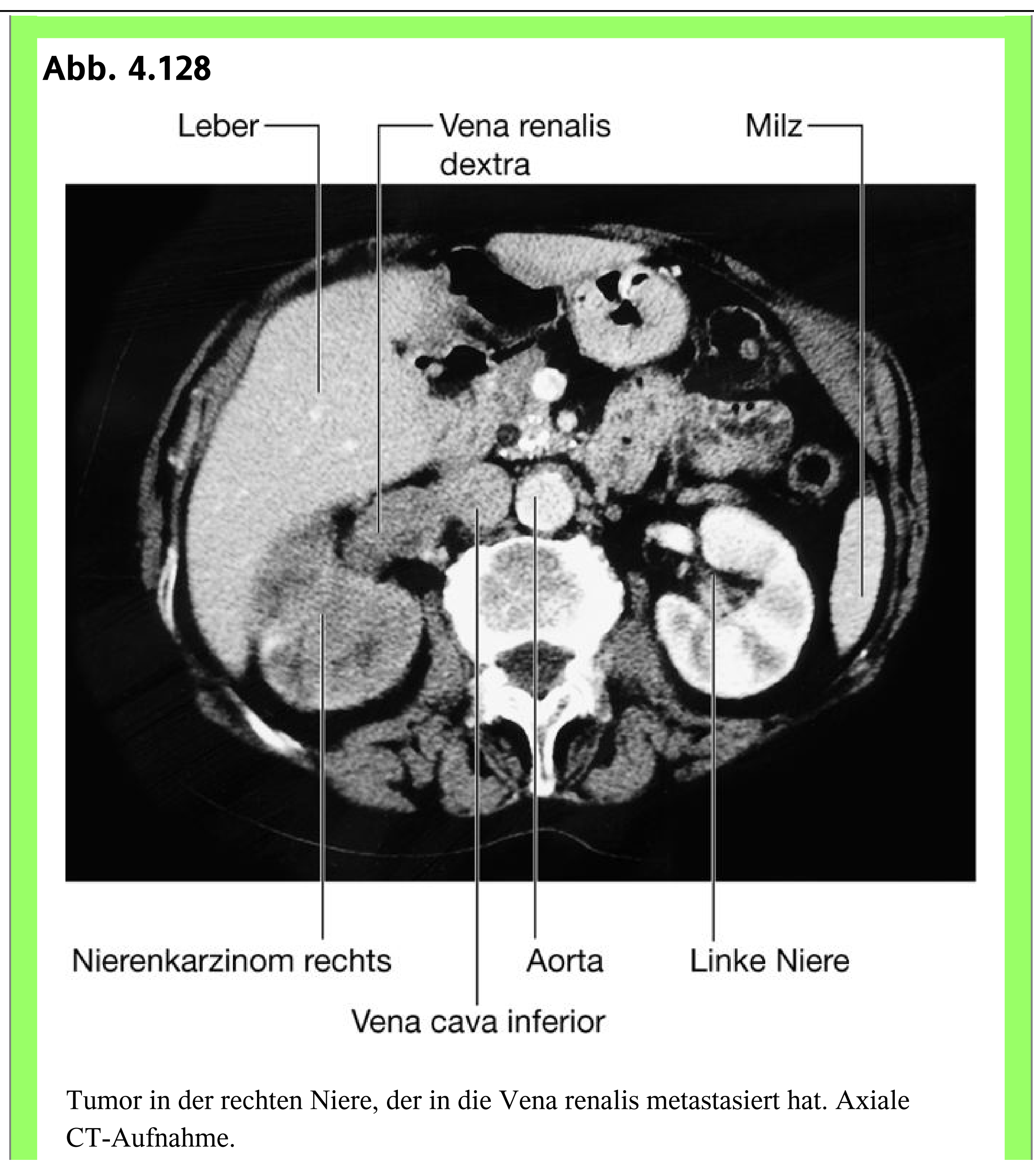
solchen Fall ein Nierenzellkarzinom in Erwägung gezogen werden. Darüber hinaus kann der Tumor entlang der Vena renalis in die Vena cava inferior streuen und in seltenen Fällen sogar über die Trikuspidalklappe in den rechten Vorhof und die Arteria pulmonalis metastasieren (Abb. 4.127 und 4.128). Die Behandlung der meisten Nierenkarzinome erfolgt selbst im Fall einer Metastasierung chirurgisch, da sich bei einigen Patienten nach chirurgischer Therapie die Metastasen zurückbilden. Übergangsepithelkarzinome entstehen am Urothel, das sich von den Nierenkelchen bis in die Urethra fortsetzt und eine „Einheit“ bildet. Daher können bei Patienten mit Übergangsepithelkarzinomen der Harnblase zusätzliche Karzinome in den weiter proximal liegenden Harnwegsabschnitten (Ureter, Nierenbecken) auftreten. Bei Patienten mit Harnblasenkarzinomen müssen immer die gesamten Harnwege untersucht werden, um das Vorkommen weiterer Tumoren auszuschließen (Abb. 4.129).

Abb. 4.127



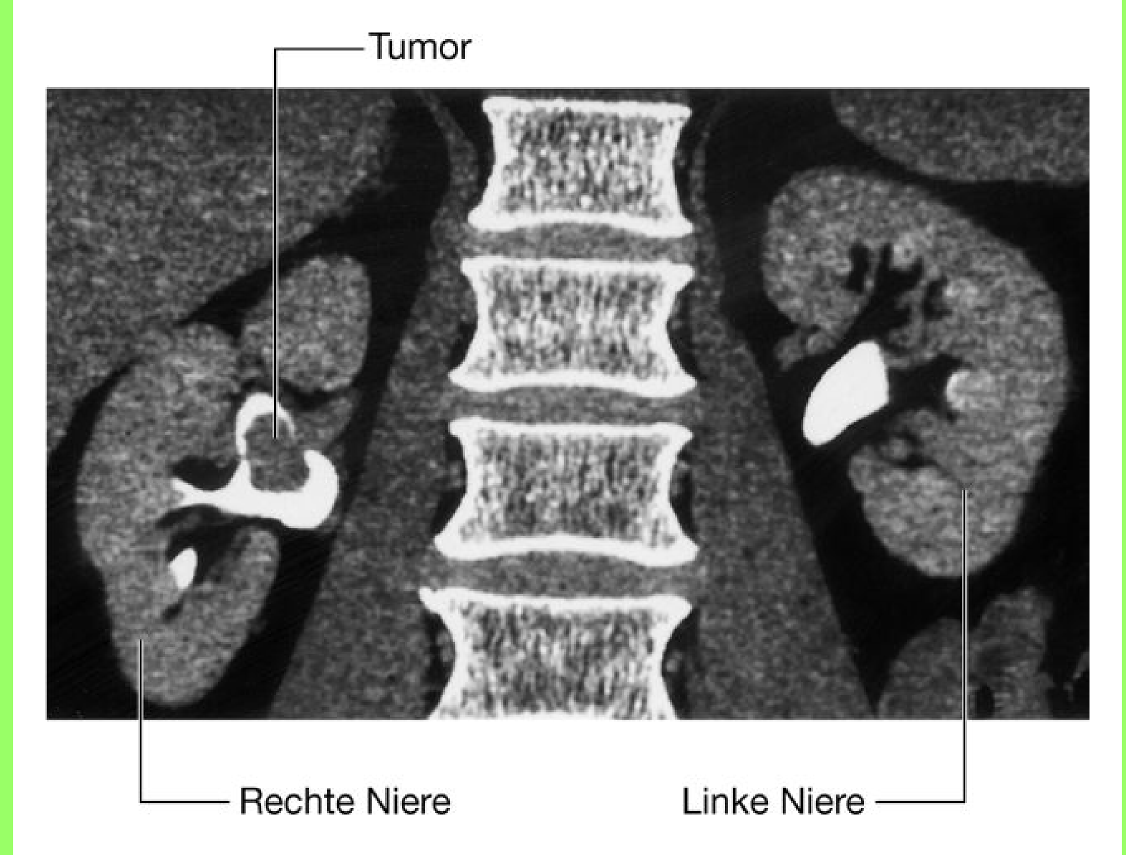
Tumor in der rechten Niere, der sich in Richtung des Duodenums ausbreitet und es möglicherweise infiltriert. Axiale CT-Aufnahme.

Abb. 4.128



Tumor in der rechten Niere, der in die Vena renalis metastasiert hat. Axiale CT-Aufnahme.

Abb. 4.129



Übergangsepithelkarzinom im rechten Nierenbecken. Rekonstruktion einer koronaren CT-Aufnahme.

336
337

Klinik

Untersuchung der Harnwege

Nach ausführlicher Anamnese und Untersuchung des Patienten einschließlich einer digitalen rektalen Untersuchung zur Beurteilung der Prostata beim Mann sind Spezialuntersuchungen erforderlich.

IVU (intravenöse Urographie)

Die IVU gehört zu den wichtigsten und häufigsten radiologischen Untersuchungsverfahren des Urogenitaltrakts. Dem Patienten wird intravenös iodiertes Kontrastmittel injiziert. Die meisten Kontrastmittel enthalten drei Iodatome, die um einen Benzolring angeordnet sind.

Die relativ hohe Kernladungszahl von Iod im Vergleich zu Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff schwächt die Strahlung ab. Nach Injektion wird das Kontrastmittel überwiegend durch glomeruläre Filtration ausgeschieden, ein Teil wird allerdings auch von den Nierentubuli sezerniert. Hierdurch kommt es sowohl zur Darstellung des Sammelsystems als auch der Harnleiter und der Harnblase.

Ultraschall

Obwohl die Harnleiter mithilfe von Ultraschall schlecht darstellbar sind, lässt sich die Blase, sofern sie gefüllt ist, gut beurteilen. Volumenbestimmungen der Harnblase können vor und nach der Miktion vorgenommen werden.

Computertomographie Die Computertomographie wird zur Darstellung von Nieren, Harnleitern, Harnblase und benachbarten Strukturen eingesetzt. Sie ist ein wichtiges Werkzeug, um primäre Harnwegstumoren in Stadien einzuteilen (im Rahmen des Stagings).

Nuklearmedizin Nuklearmedizinische Verfahren sind zur Untersuchung der ableitenden Harnwege äußerst nützlich, da Radio-isotopenverbindungen zur Beurteilung von Größe und Funktionszustand der Nierenzellen sowie des Nieren-parenchyms beispielsweise bei Schrumpfnieren genutzt werden können. Solche Tests sind besonders bei Kindern hilfreich, wenn Schrumpfnieren oder Refluxerkrankungen vermutet werden.

Nebennieren

Die Nebennieren, Glandulae suprarenales, befinden sich jeweils am oberen Nierenpol. Sie besitzen eine äußere Rinde und ein inneres Mark. Die rechte Nebenniere ist pyramidenförmig; die linke Nebenniere eher halbmondförmig und etwas größer.

Vor der rechten Nebenniere befinden sich ein Teil des rechten Leberlappens sowie die Vena cava inferior; vor der linken Nebenniere liegen Anteile des Magens, der Bauchspeicheldrüse und gelegentlich der Milz. Anteile des Zwerchfells sind hinter beiden Drüsen lokalisiert.

Die Nebennieren sind wie die Nieren in die Capsula adiposa innerhalb der Fascia renalis eingebettet und durch ein dünnes Septum von der entsprechenden Niere getrennt.

Gefäßversorgung der Nebennieren

Hormonorgane wie die Nebennieren sind immer sehr gut durchblutet. Die arterielle Versorgung der Nebennieren erfolgt daher aus drei Hauptquellen (Abb. 4.130):

- aus der **Arteria phrenica inferior**, dem ersten Ast der Aorta abdominalis. Die Arterie verläuft kranialwärts zum Zwerchfell und gibt zahlreiche Äste zur Nebenniere ab, die als **Arteriae suprarenales superiores** bezeichnet werden.
- aus der **Arteria suprarenalis media**, einem direkten Ast der Aorta abdominalis
- aus **Arteriae suprarenales inferiores**, Ästen der Arteria renalis, die kranialwärts zur Nebenniere aufsteigen.

Im Gegensatz zu den zahlreichen arteriellen Gefäßen erfolgt der venöse Blutabfluss meist nur über eine einzige Vena suprarenalis, die das Hilum jeder Nebenniere verlässt. Auf der rechten Seite ist die **Vena suprarenalis dextra** kurz und geht nahezu sofort in die Vena

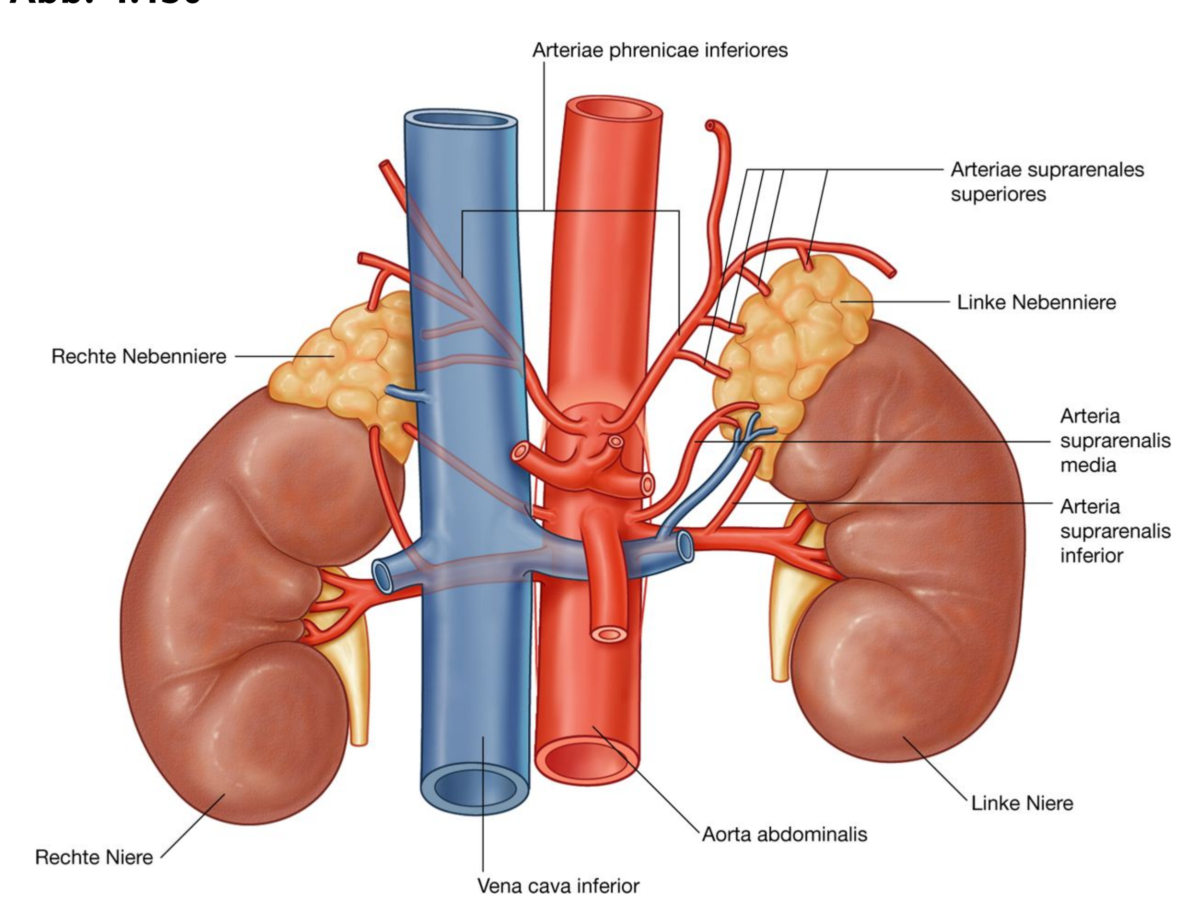
cava inferior über; auf der linken Seite ist die **Vena suprarenalis sinistra** länger und verläuft nach kaudal, um in die Vena renalis sinistra zu münden.

Gefäßversorgung

Aorta abdominalis

Die Aorta abdominalis beginnt am Hiatus aorticus des Zwerchfells ungefähr auf Höhe des 12. Brustwirbels (Th12) im Bereich der Mittellinie. Sie zieht entlang den Vorderseiten des 1. bis 4. Lendenwirbels (L1 – L4) abwärts und endet direkt links von der Mittellinie auf Höhe der Unterseite des 4. Lendenwirbels (L4). Hier teilt sie sich in die **Arteriae iliacae communes** 337 **sinistra** und **dextra**. Die Bifurkation kann etwa 338 2,5 cm unterhalb des Bauchnabels oder auf einer Linie zwischen den beiden höchsten Punkten der Crista iliaca auf die vordere Bauchwand projiziert werden.

Abb. 4.130



Arterielle Blutversorgung der Nebennieren.

In ihrem Verlauf durch den dorsalen Bauchraum, wird die Aorta abdominalis auf ihrer Vorderseite vom nervalen Plexus prevertebralis und den dazugehörigen Ganglien bedeckt. Darüber hinaus steht sie mit zahlreichen Strukturen in Verbindung:

- In ihrem abwärts gerichteten Verlauf befinden sich auf ihrer Vorderseite das Pankreas, die Vena splenica, die Vena renalis sinistra sowie der kaudale Anteil des Duodenums.

- Mehrere Venae lumbales, die zur Vena cava inferior verlaufen, unterkreuzen die Aorta abdominalis.
- Auf ihrer rechten Seite befinden sich die Cisterna chyli, der Ductus thoracicus, die Vena azygos, der rechte Zwerchfellschenkel sowie die Vena cava inferior.
- Auf ihrer linken Seite befindet sich der linke Zwerchfellschenkel.

Die Äste der Aorta abdominalis können folgendermaßen eingeteilt werden (Tab. 4.3):

- Eingeweideäste zu den Organen
- dorsale Äste zum Zwerchfell und zur Bauchwand
- Endäste.

Klinik

Aortenaneurysma

Ein abdominales Aortenaneurysma ist eine Erweiterung der Aorta von mindestens 4 cm Umfang unterhalb der Nierenarterien. Ohne chirurgische oder endovaskuläre Intervention vergrößert sich die dilatierte Arterie meist weiter und kann später eventuell rupturieren.

338

Tab. 4.3 Abgänge der Aorta abdominalis

Arterie	Lage des Astes	Ursprung	Hauptversorgungsgebiet
Truncus coeliacus	Anterior	Direkt unterhalb des Hiatus aorticus des Zwerchfells	Abdominaler Vorderdarm
Arteria mesenterica superior	Anterior	Direkt unterhalb des Truncus coeliacus	Abdominaler Mitteldarm
Arteria mesenterica inferior	Anterior	Unterhalb der Arteriae renales	Abdominaler Hinterdarm
Arteriae suprarenales mediae	Lateral	Direkt oberhalb der Arteriae renales	Nebennieren
Arteriae renales	Lateral	Direkt unterhalb der Arteria mesenterica superior	Nieren
Arteriae testiculares/ovaricae	Paarig anterior	Unterhalb der Arteriae renales	Testes beim Mann und Ovarien bei der Frau
Arteriae phrenicae inferiores	Paarig	Direkt unterhalb des Hiatus aorticus	Zwerchfell
Arteriae lumbales	Posterior	Normalerweise gibt es vier Paare	Hintere Bauchwand und Rückenmark
Arteria sacralis mediana	Posterior	Sie zieht direkt von oberhalb der Aortenbifurkation nach kaudal über die Lendenwirbel, das Kreuzbein und das Steißbein	
Arteriae iliacae communes	Terminal	Die Bifurkation befindet sich auf Höhe des 4. Lendenwirbels	

Eingeweideäste

Die Eingeweideäste sind endweder unpaar oder paarig angelegte Gefäße.

Die drei unpaaren Eingeweideäste, die auf der Vorderseite der Aorta abdominalis entspringen, sind (Abb. 4.131):

- der Truncus coeliacus, der den abdominalen Vorderdarm versorgt
- die Arteria mesenterica superior, die den abdominalen Mitteldarm versorgt
- die Arteria mesenterica inferior, die den abdominalen Hinterdarm versorgt.

Zu den paarigen Eingeweideäste der Aorta abdominalis gehören (Abb. 4.131):

- die kleinen **Arteriae suprarenales mediae**, die lateral aus der Aorta abdominalis direkt oberhalb der Arteriae renales abgehen und an der Gefäßversorgung der Nebennieren beteiligt sind

- die **Arteriae renales**, die direkt unterhalb des Ursprungs der Arteria mesenterica superior zwischen 1. und 2. Lendenwirbel lateral aus der Aorta abdominalis entspringen und die Nieren versorgen
- die **Arteriae testiculares** oder die **Arteriae ovaricae**, die auf der Vorderseite der Aorta abdominalis unterhalb des Ursprungs der Arteriae renales entspringen und auf der Vorderseite des Musculus psoas major in kaudaler und lateraler Richtung verlaufen.

Dorsale Äste

Die dorsalen Äste der Aorta abdominalis versorgen das Zwerchfell, die Bauchwand und die Wirbelsäule. Zu ihnen gehören die Arteriae phrenicae inferiores, die Arteriae lumbales sowie die Arteria sacralis mediana (Abb. 4.131).

Arteriae phrenicae inferiores

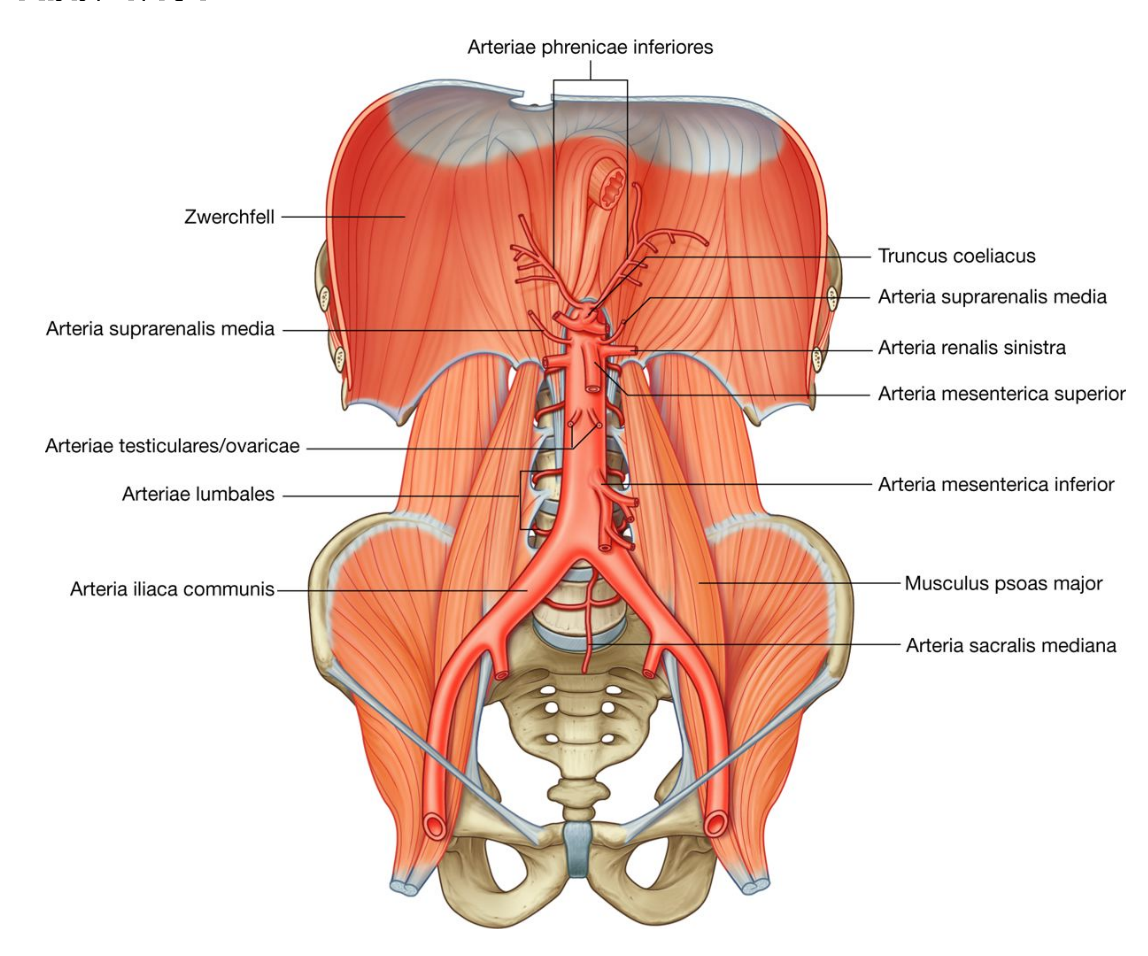
Die **Arteriae phrenicae inferiores** entspringen unmittelbar unterhalb des Hiatus aorticus des Zwerchfells entweder direkt oder aus einem gemeinsamen Stamm aus der Aorta abdominalis (seltener aus dem Truncus coeliacus). Unabhängig von ihrem Ursprungsort ziehen sie immer kranialwärts, sind an der arteriellen Versorgung der Nebennieren beteiligt und setzen sich auf die Unterseite des Zwerchfells fort.

Arteriae lumbales

Normalerweise kommen vier paarige **Arteriae lumbales** vor, die an der Rückseite der Aorta abdominalis entspringen. Sie ziehen in lateraler und dorsaler Richtung über die Lendenwirbel, setzen sich seitlich fort und verlaufen hinter den Grenzsträngen und zwischen den Processus transversi der benachbarten Lendenwirbel zur Bauchwand.hier weisen sie ein den Arteriae intercostales posteriores vergleichbares Verteilungsmuster auf, da auch sie segmentale Äste zum Rückenmark abgeben.

339

Abb. 4.131



Aorta abdominalis.

Arteria sacralis mediana

Der letzte dorsale Ast der Aorta abdominalis ist die **Arteria sacralis mediana**. Das Gefäß entspringt direkt oberhalb der Aortenbifurkation auf der dorsalen Seite der Aorta abdominalis und zieht zunächst über die Vorderfläche der unteren Lendenwirbel und dann über die Vorderflächen von Os sacrum und Os coccygis kaudalwärts. Die Seiten- und der Endast der Arteria sacralis mediana weisen häufig Gefäßknäuel auf (Glomera caudalia; Glomus coccygeum). In zahlreichen Lehrbüchern wird die Arteria sacralis mediana auch als Arteria sacralis media bezeichnet.

Vena cava inferior

Die Vena cava inferior leitet das Blut sämtlicher Strukturen unterhalb des Zwerchfells zum rechten Vorhof des Herzens. Sie entsteht direkt rechts von der Mittellinie auf Höhe des 5. Lendenwirbels aus dem Zusammenschluss der Venae iliacae communes und zieht vor der Wirbelsäule und direkt rechts von der Aorta abdominalis durch die hintere Abdominalregion kranialwärts (Abb. 4.132). Sie verlässt das Abdomen, indem sie auf Höhe des 8. Thorakalwirbels durch das Centrum tendineum des Zwerchfells (Foramen venae cavae) tritt.

In ihrem Verlauf wird ihre Vorderseite von der Arteria iliaca externa dextra, der Wurzel der Arteria mesenterica superior, der Arteria testicularis dextra oder der Arteria ovarica dextra, dem unteren Anteil des Duodenums, dem Kopf der Bauchspeicheldrüse, dem oberen Anteil des Duodenums, dem Ductus choledochus, der Vena portae sowie der Leber gekreuzt, überlagert und in einigen Fällen sogar komplett umgeben (Abb. 4.132).

Zu den Zuflüssen der Vena cava inferior gehören:

- Venae iliacae externae
- Venae lumbales
- Vena testicularis dextra oder Vena ovarica dextra
- Venae renales
- Vena suprarenalis dextra
- Venae phrenicae inferiores
- Venae hepaticae.

340
341

Es gibt keine Zuflüsse aus dem Bereich des abdominalen Gastrointestinaltrakts, der Milz, der Bauchspeicheldrüse oder der Gallenblase, weil das venöse Blut dieser Organe in das Pfortadersytem drainiert wird und zuerst zur Leber gelangt.

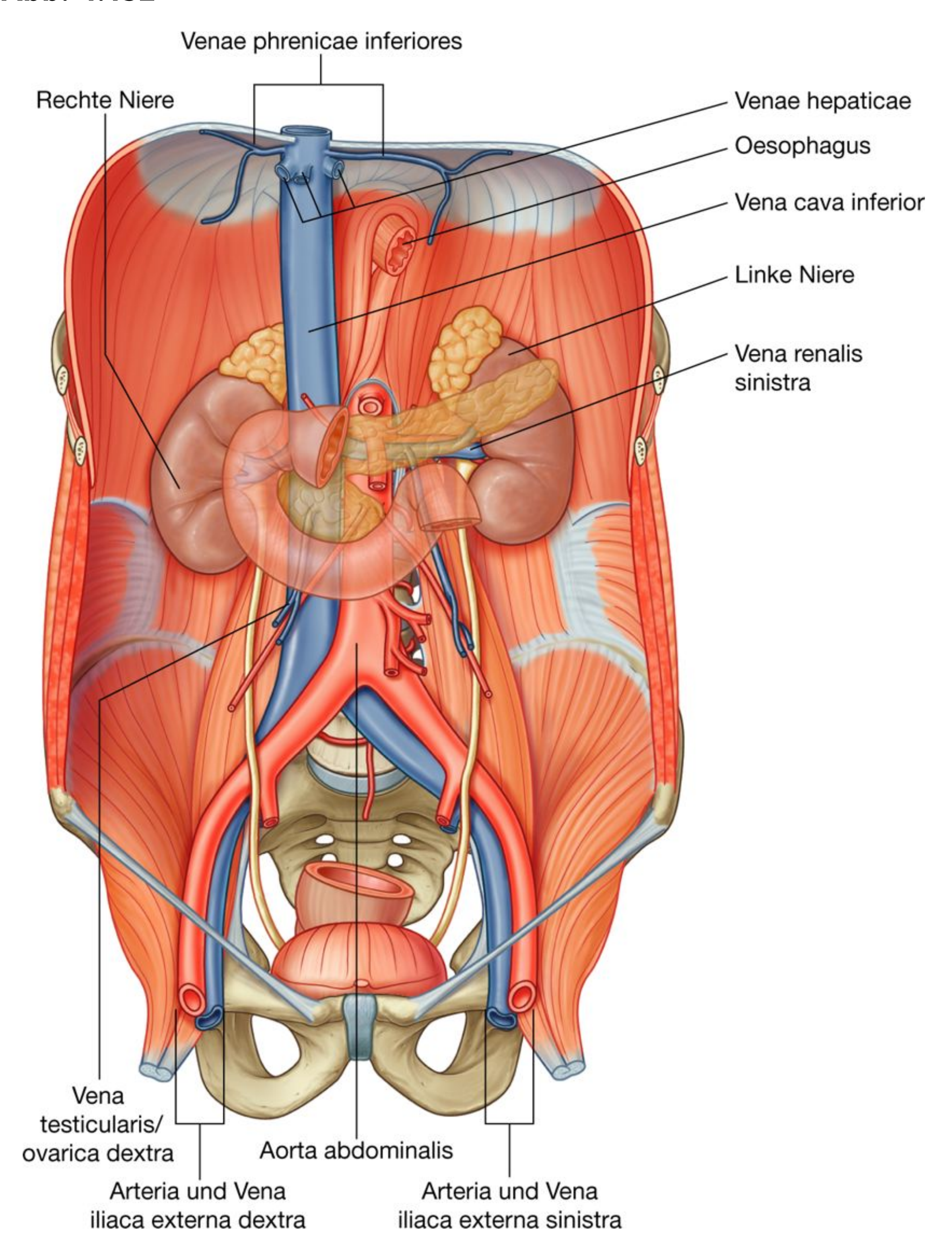
Von den zahlreichen oben erwähnten Zuflüssen sind die **Venae lumbales** in ihren Verbindungen einzigartig und bedürfen besonderer Erwähnung. Nicht alle Venae lumbales drainieren direkt in die Vena cava inferior (Abb. 4.133):

- Die 5. Vena lumbalis drainiert jeweils normalerweise direkt in die **Vena iliolumbalis**, einen Zufluss der Vena iliaca externa.
- Die 3. und 4. Vena lumbalis drainieren jeweils normalerweise direkt in die Vena cava inferior.
- Die 1. und 2. Vena lumbalis können jeweils in die Vena lumbalis ascendens drainieren.

Die **Venae lumbales ascendentes** sind lange anastomosierende Gefäße, die die Venae iliacae externae, die Venae iliolumbales und die Venae lumbales mit der Vena azygos und der Vena hemiazygos des Thorax verbinden.

Ist die Vena cava inferior verschlossen, werden die Venae lumbales ascendentes wichtige Kollateralgefäße zwischen den oberen und unteren Anteilen des Körpers (kavokavale Anastomosen).

Abb. 4.132

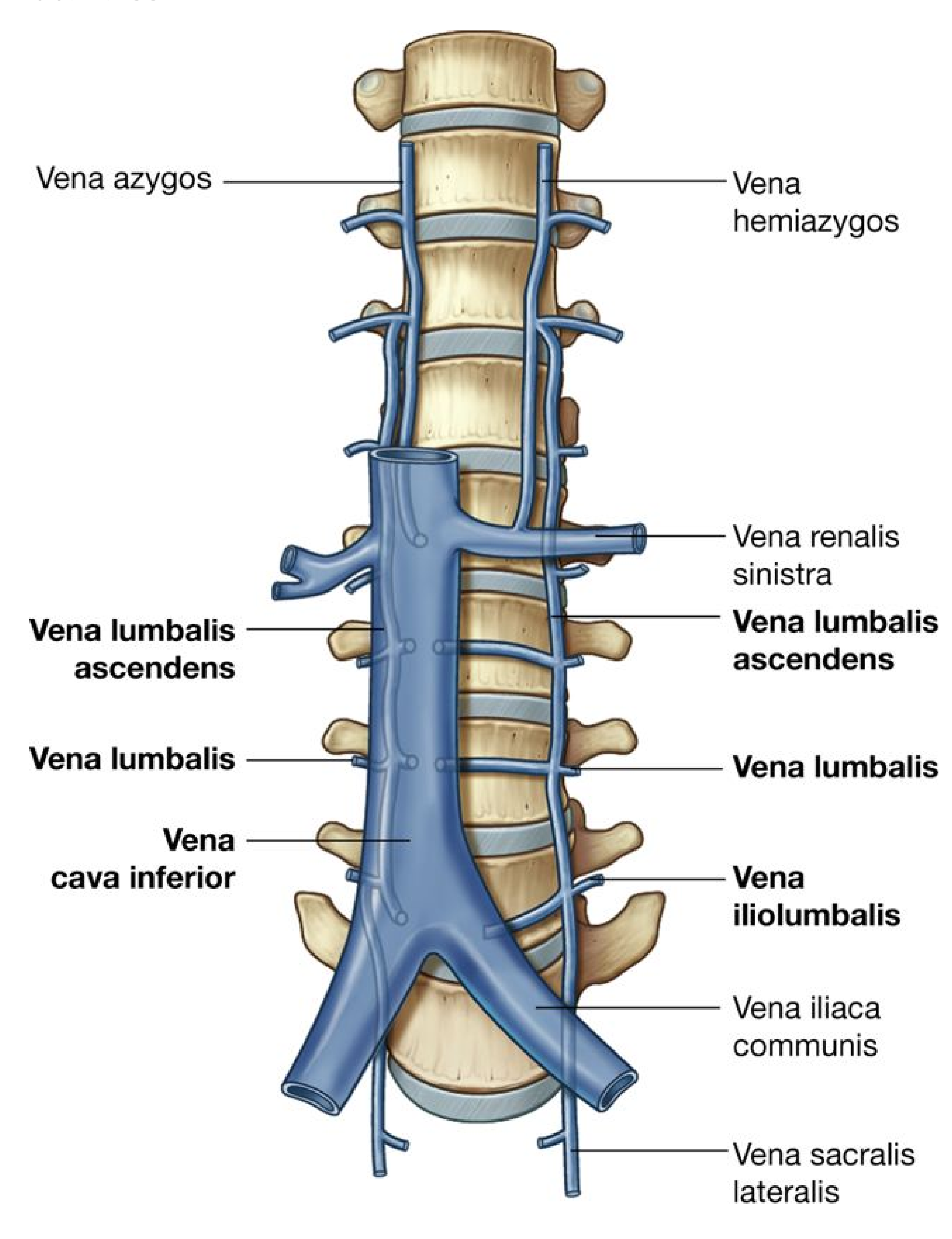


Vena cava inferior.

Lymphsystem

Lymphgefäße

Abb. 4.133



Venae lumbales.

Die Lymphgefäße bilden ein ausgedehntes, komplexes und verzweigtes Kapillarnetzwerk, das mit „offenen“ Lymphkapillaren im Körpergewebe beginnt. Die Lymphkapillaren schließen sich zu größeren Lymphkollektoren zusammen, die ihrerseits in größere Lymphgefäße übergehen und schließlich in den linken und rechten Venenwinkel des Halses drainieren. Die Lymphgefäße sammeln meist die Flüssigkeiten, die im vaskulären Kapillarbett im Rahmen von Austauschprozessen im Gewebe verblieben ist, um sie über das Lymphsystem zurück in den venösen Teil des Gefäßsystems zu drainieren (Abb. 4.134). Zu dieser interstitiellen Flüssigkeit, die von den Lymphkapillaren aufgenommen wird, gehören auch Pathogene, Zellen des Lymphsystems, Zellprodukte wie beispielsweise Hormone sowie Zelltrümmer.

341
342

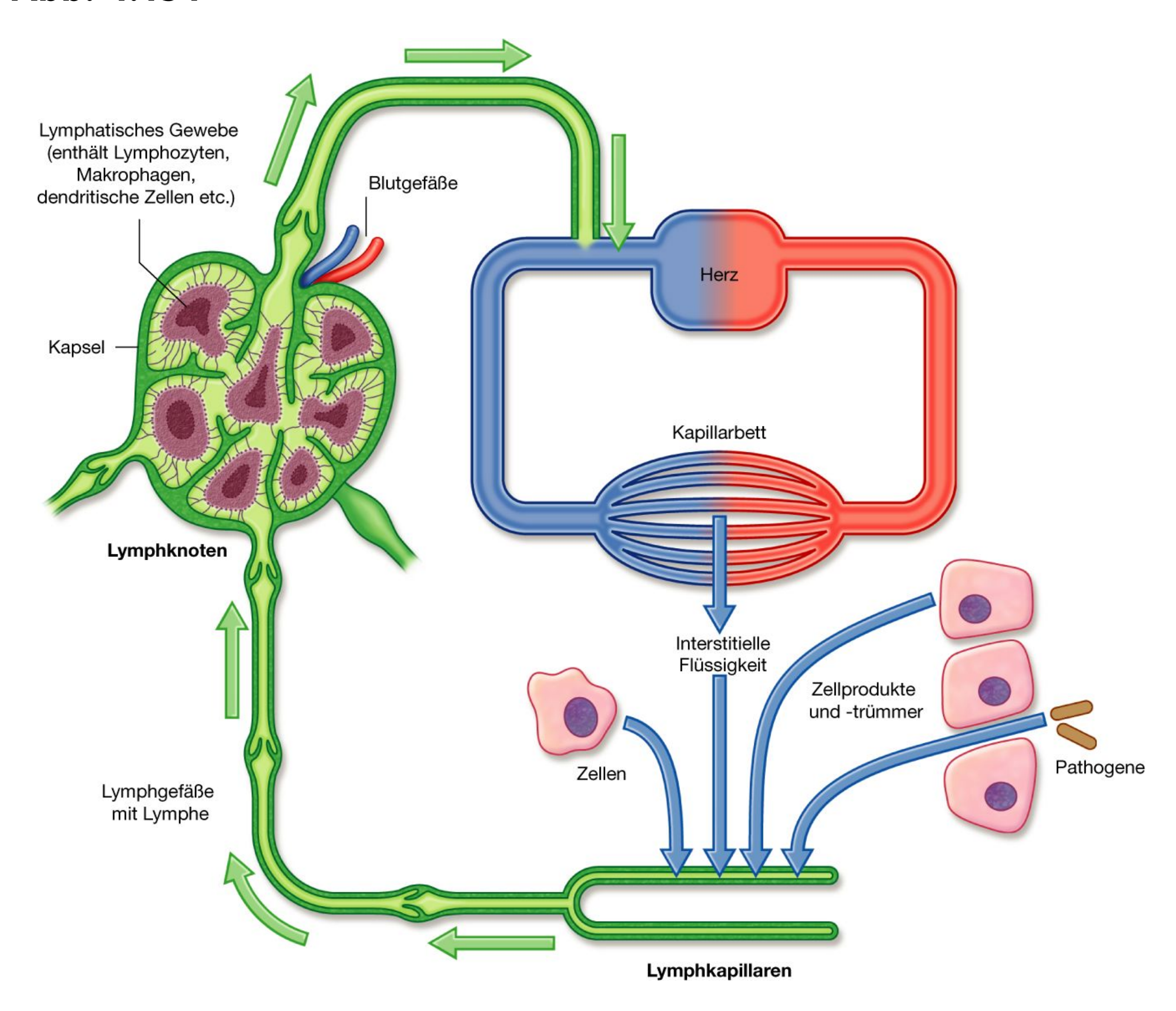
Im Dünndarm werden bestimmt Fette absorbiert und vom Darmepithel in proteinumhüllte Lipidtropfen, **Chylomikronen**, verpackt, die anschließend von den Enterozyten in das Interstitium abgegeben werden. Gemeinsam mit anderen Komponenten des Interstitiums gelangen die Chylomikronen in das Lymphgefäßsystem des Dünndarms und von hier schließlich über die Venenwinkel in das venöse System und damit in den Blutkreislauf. Somit stellt das Lymphsystem auch eine wichtige Transportmöglichkeit für im Darm absorbierte Fette dar.

Lymphe ist eine farblose und klare Flüssigkeit. Die Flüs-sigkeit aus dem Bereich des Dünndarms ist aufgrund der Chylomikronen opak und milchig und wird als **Chylus** bezeichnet.

Mit Ausnahme des Gehirns, des Knochenmarks und einiger nicht durchbluteter Gewebe, wie Epithelien und Knorpel, gibt es in den meisten Körperbereichen Lymphgefäße.

Der Transport der Lymphe durch die Lymphgefäße wird hauptsächlich durch Bewegungen der angrenzenden Strukturen bewirkt, vor allem durch die Kontraktion der Skelettmuskulatur und die Arterienpulse. Darüber hinaus besitzen die Lymphgefäße Klappen. Hierdurch wird ein unidirektionaler Fluss gewährleistet.

Abb. 4.134



Lymphgefäße sammeln hauptsächlich die Flüssigkeit, die im vaskulären Kapillarbett im Rahmen von Austauschprozessen nicht in das vaskuläre Gefäßsystem zurückgelangt, und transportieren sie über das Lymphsystem zurück in den venösen Teil des Gefäßsystems.

342
343

Lymphknoten

Lymphknoten sind kleine (0,1 – 2,5 cm), von einer Kapsel umgebene Strukturen, die als eine Kette von Filterstationen in das Lymphgefäßsystem eingeschaltet sind. Regionäre Lymphknoten nehmen die Lymphe und die darin transportierten Antigene als Erste direkt aus einem Organ oder einem Gebiet auf. Sammellymphknoten sind nachgeschaltete Stationen, die von bereits vorgereinigter Lymphe durchdrungen werden. Histologisch werden Lymphknoten in Rinde (Kortex, B-Zone), Parakortikalzone (T-Zone) und Mark eingeteilt.

Da Lymphknoten effiziente Filter sind und die Flussgeschwindigkeit in ihnen langsam ist, bleiben häufig Metastasenzellen (lymphogene Tumormetastasen) von Primärtumoren hängen und wachsen hier als Sekundärtumor ein. Lymphknoten, die infizierte oder in anderer Weise pathologisch betroffene Regionen drainieren, können sich vergrößern und bestimmte physikalische Veränderungen durchmachen, wie z.B. „hart“ oder „weich“ werden. Diese

Veränderungen lassen sich diagnostisch nutzen, um pathologische Prozesse oder die Ausbreitung von Krankheitserregern oder Tumoren zu verfolgen.

Einige Körperregionen besitzen besonders viele Lymphknoten (Abb. 4.135). Die Lymphknoten dieser Regionen drainieren die Körperoberfläche, das Verdauungssystem oder den Respirationstrakt. Alle drei Regionen sind beim Eintritt exogener Krankheitserreger besonders gefährdet.

Die zahlreichen Lymphknoten in der Axilla, der Leistengegend, der Femoralregion und im Halsbereich sind leicht palpabel. Die tiefer liegenden Gebiete, in denen sich viele Lymphknoten befinden, die aber nicht tastbar sind, befinden sich in der Nachbarschaft der Trachea, der Bronchien im Thorax, der Aorta sowie deren Ästen im Abdomen (Tab. 4.4).

Trunci lymphatici und Ductus lymphaticus

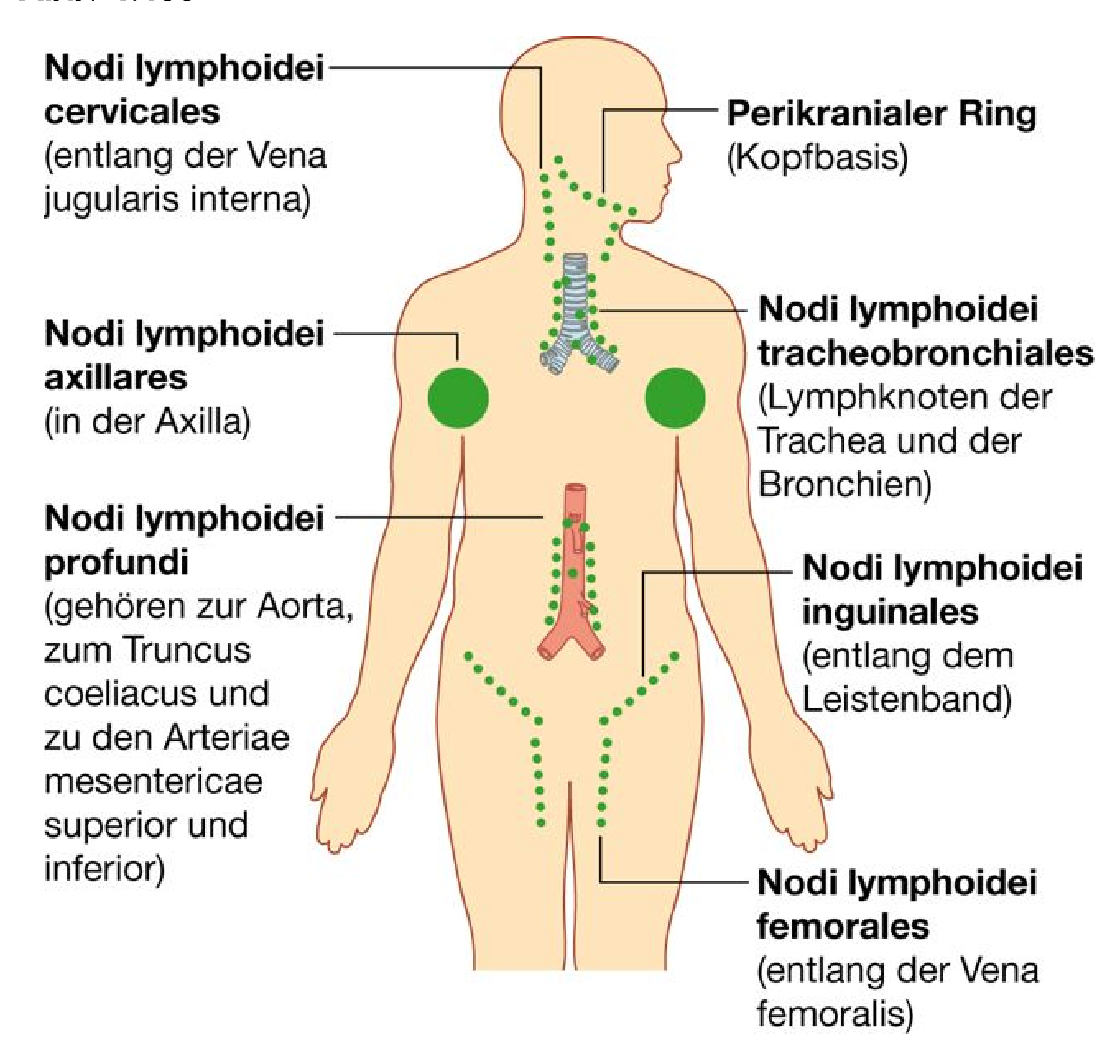
Alle Lymphgefäße konfluieren und bilden so größere Lymphstämme, die in den rechten und linken Venenwinkel im Hals (an der Stelle, an der die Venae jugulares internae in die Venae subclaviae einmünden und die Venae brachiocephalicae bilden) in das venöse System gelangen:

- Die Lymphe der rechten Hälfte von Kopf und Hals, rechter oberer Extremität, rechter Hälfte des Thorax sowie rechter Seite der oberen und oberflächlichen Bauchwand wird von Lymphgefäßen drainiert, die letztendlich in den Venenwinkel der rechten Halsseite münden.
- Die Lymphe aller anderen Körperregionen wird über Lymphgefäße drainiert, die letztendlich in den Venenwinkel der linken Halsseite münden.

Tab. 4.4 Lymphabfluss

Lymphgefäß	Abflussbereich
Truncus jugularis dexter	Rechte Seite von Kopf und Hals
Truncus jugularis sinister	Linke Seite von Kopf und Hals
Truncus subclavius dexter	Rechte obere Extremität, oberflächliche Bereiche der Brust- und oberen Bauchwand
Truncus subclavius sinister	Linke obere Extremität, oberflächliche Bereiche der Brust- und oberen Bauchwand
Truncus bronchomediastinalis dexter	Rechter Lungenflügel und Bronchien, Strukturen des Mediastinums, Brustwand
Truncus bronchomediastinalis sinister	Linker Lungenflügel und Bronchien, Strukturen des Mediastinums, Brustwand
Ductus thoracicus	Untere Extremitäten, Bauchwand und dazugehörige Eingeweide, Beckenwand und dazugehörige Eingeweide, Brustwand

Abb. 4.135



Körperregionen mit zahlreichen Lymphknoten.

Der Lymphabfluss sämtlicher Strukturen und Bereiche unterhalb des Zwerchfells wird über Lymphknoten und Lymphgefäße entlang dem hinteren Abdominalraum drainiert (Abb. 4.136). Die Lymphe der unteren Extremität und des Peritoneums wird aufwärts zu Lymphknoten- und Lymphgefäßen entlang der Arteria und Vena iliaca externa und anschließend weiter kranialwärts zu den Lymphknoten und gefäßen entlang der Arteria und Vena iliaca communis drainiert. Hier vermischt sie sich mit der Lymphe aus der Beckenhöhle, die über Lymphknoten und gefäße entlang der Arteria und Vena iliaca interna drainiert wird.

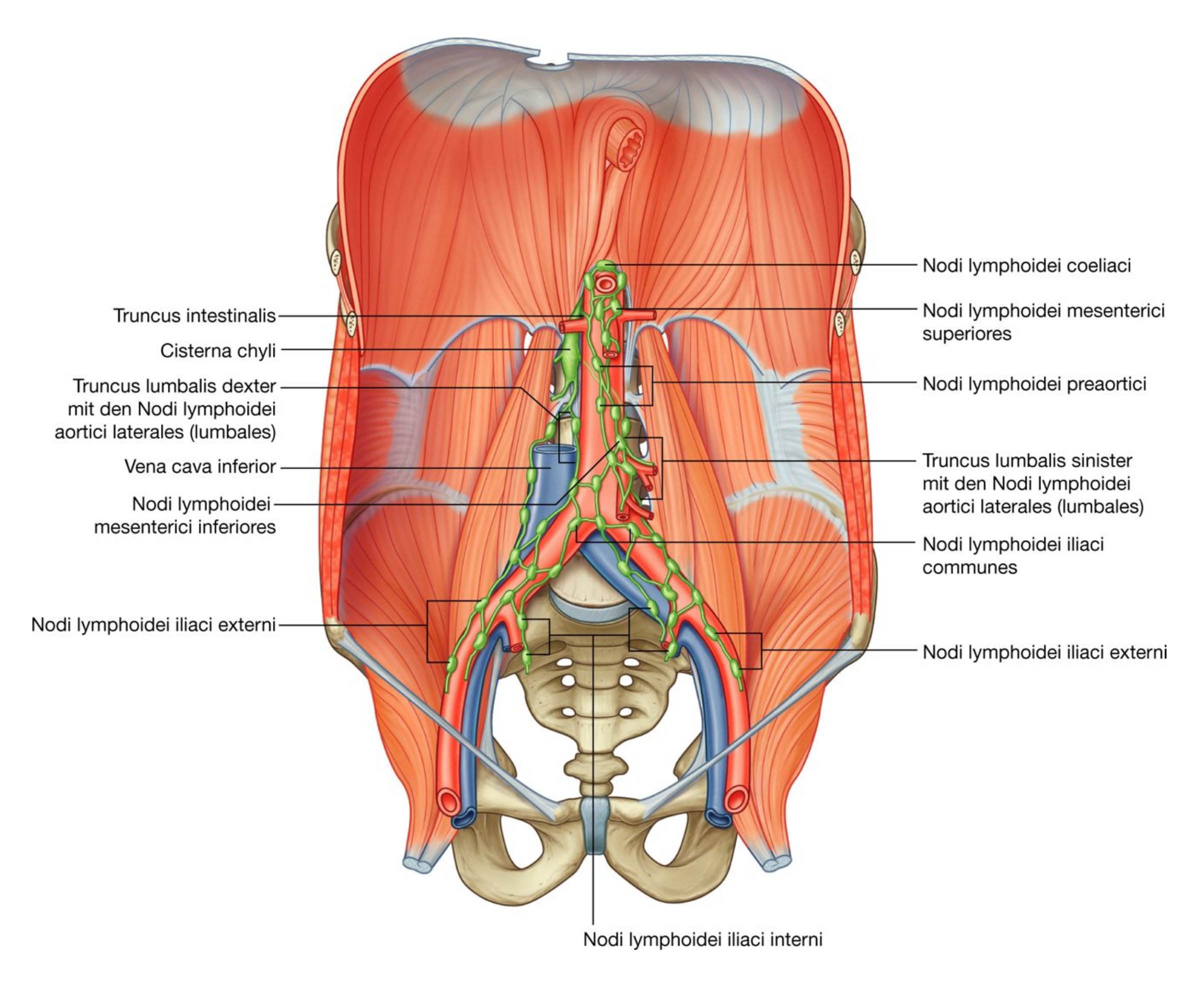
343
344

Nodi lymphoidei preaortici

In der Nachbarschaft der Arteriae und Venae iliacae communes und der Aortenbifurkation bilden die Lymphgefäße und knoten ein Netzwerk, das sich kranialwärts entlang der Aorta abdominalis und der Vena cava inferior fortsetzt. Die Lymphknotenansammlungen werden in vor der Aorta liegende **Nodi lymphoidei preaortici** und in **Nodi lymphoidei aortici laterales**

dextri und **sinistri (Nodi lymphoidei lumbales dextri** und **sinistri)** eingeteilt, die jeweils auf einer Seite der Aorta liegen (Abb. 4.136).

Abb. 4.136



Abdominale Lymphgefäße.

Diese Lymphgefäße im Bereich des hinteren Bauchraums drainieren Lymphe aus verschiedenen Bereichen. Die Nodi lymphoidei aortici laterales (lumbales) drainieren die Lymphe der Körperwand, der Nieren, der Nebennieren sowie der Hoden oder Ovarien.

Die Nodi lymphoidei preaortici sind um die drei Vorderäste der Aorta abdominalis gruppiert, die den abdominalen Teil des Gastrointestinaltrakts sowie die Milz, das Pankreas, die Gallenblase und die Leber drainieren. Sie werden in Nodi lymphoidei coeliaci, mesenterici superiores und mesenterici inferiores eingeteilt und erhalten Lymphe aus den Organen, die von den entsprechenden Arterien versorgt werden.

Schließlich bilden die Nodi lymphoidei aortici laterales (lumbales) die Trunci lumbales dexter und sinister; die Nodi lymphoidei preaortici bilden den Truncus intestinalis (Abb. 4.136). Die Trunci vereinigen sich und bilden so eine Erweiterung, die als Cisterna chyli bezeichnet wird. Die Cisterna chyli liegt hinter der rechten Seite der Aorta abdominalis sowie vor dem 1. und 2. Lendenwirbel. Sie mündet in den Anfangsabschnitt des **Ductus thoracicus**.

344

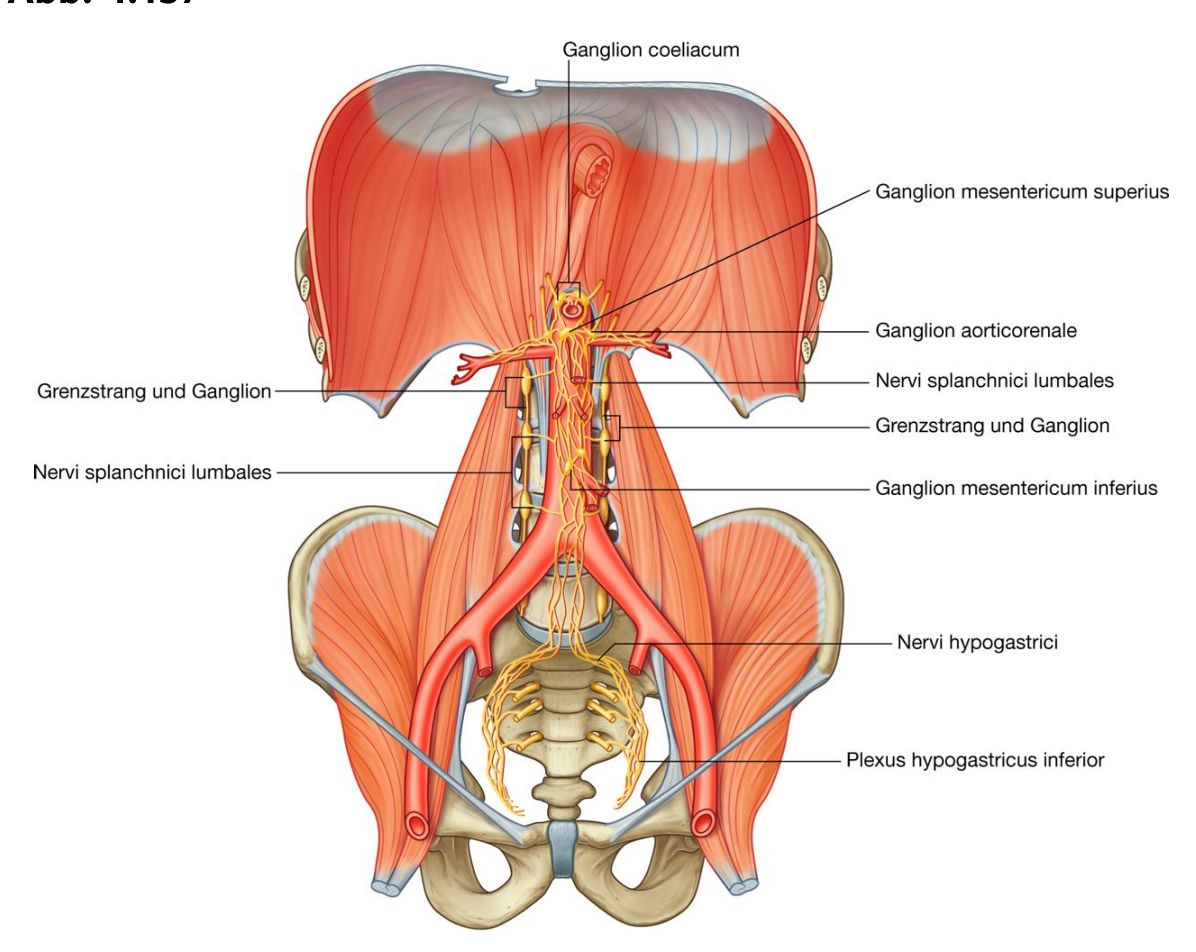
Nervensystem in der hinteren Abdominalregion

In der hinteren Abdominalregion befinden sich einige wichtige Komponenten des Nervensystems. Dazu gehören die Grenzstränge und die Nervi splanchnici, der Nervenplexus und die Ganglien um die Aorta abdominalis sowie der Plexus lumbalis.

Grenzstränge und Nervi splanchnici

Die Grenzstränge (Trunci sympathici) verlaufen ventrolateral der Lendenwirbel durch die hintere Abdominalregion, bevor sie sich über das Promontorium ossis sacri in die Beckenhöhle fortsetzen (Abb. 4.137). In ihrem Verlauf sind sie als kleine, erhabene Knötchen sichtbar, die Ansammlungen primär postganglionärer Neurone enthalten. Es handelt sich dabei um sympathische, paravertebrale Ganglien. Normalerweise kommen in der hinteren Abdominalregion im Verlauf der Grenzstränge jeweils vier Ganglien vor.

Abb. 4.137



Grenzstränge in der hinteren Abdominalregion.

Ebenfalls zu den Trunci sympathici der hinteren Abdominalregion gehören die Nervi splanchnici lumbales (Abb. 4.137). Sie verlaufen von den Grenzsträngen zu den Nervenplexus und Ganglien der Aorta abdominalis. Nor-malerweise kommen zwei bis vier Nervi splachnici lumbales vor, die präganglionäre sympathische sowie viszeroafferente Fasern führen.

Plexus prevertebralis abdominalis und zugehörige Ganglien

Der Plexus prevertebralis abdominalis ist ein nervales Netzwerk um die Aorta abdominalis. Er erstreckt sich vom Hiatus aorticus im Zwerchfell über die Aortenbifurkation bis zu den Arteriae iliacae communes dextrae und sinistrae. Entlang dieser Strecke wird er in folgende kleinere Plexus unterteilt (Abb. 4.138):

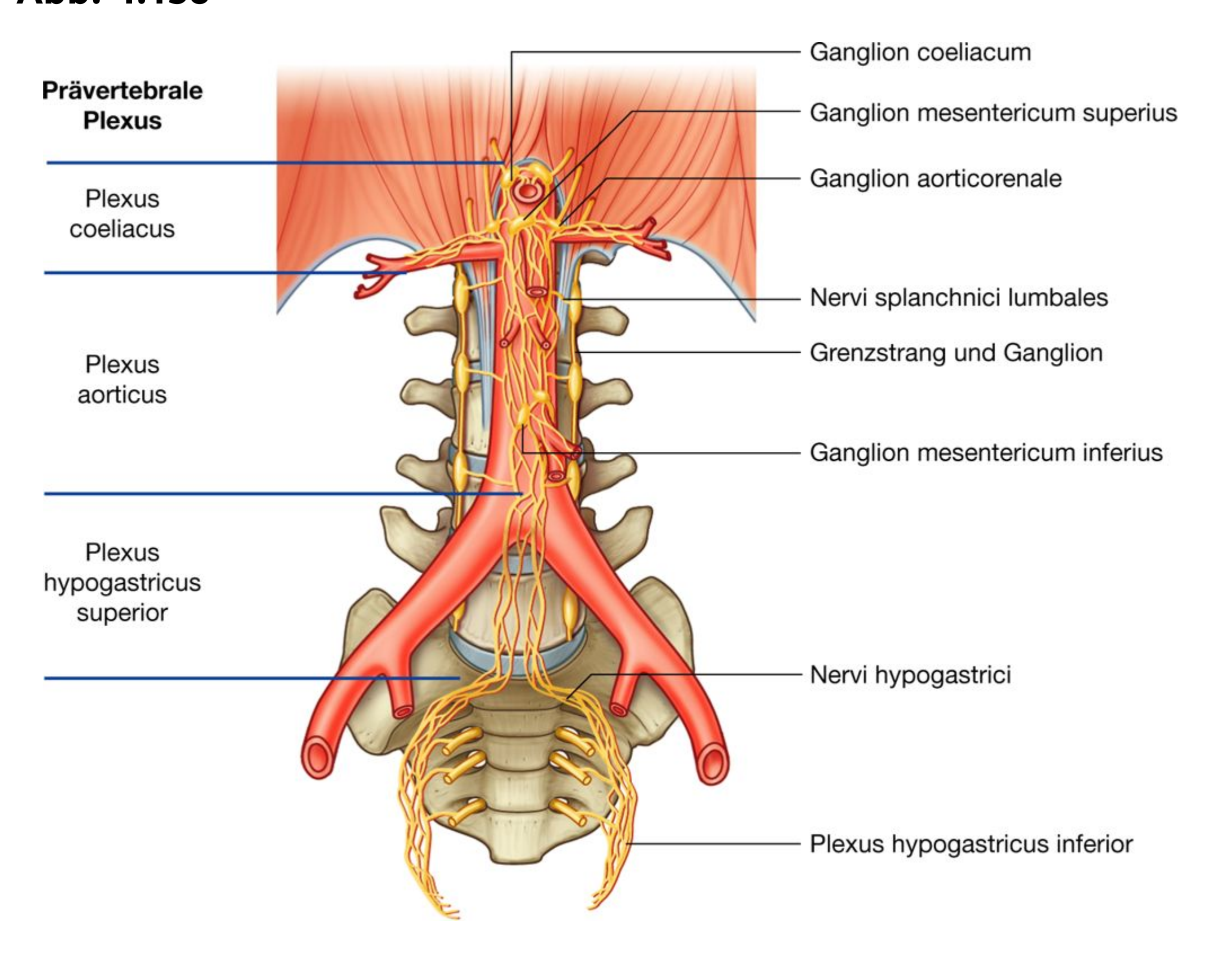
- Vom Zwerchfell kaudalwärts verlaufend wird die erste Ansammlung von Nervenfasern **Plexus coeliacus** genannt. Zu diesem Plexus gehören die Nervenfasern aus dem Bereich der Wurzel des Truncus coeliacus sowie der Arteria mesenterica superior.

345

346

- Weiter kaudal liegend erstreckt sich der **Plexus aorticus abdominalis** unmittelbar unterhalb der Arteria mesenterica superior bis zur Aortenbifurkation (Abb. 4.139).
- Von der Aortenbifurkation setzt sich der Plexus prevertebralis abdominalis als **Plexus hypogastricus superior** fort.

Abb. 4.138



Prävertebrale Plexus und Ganglien in der hinteren Abdominalregion.

In seinem Verlauf führt der Plexus prevertebralis abdominalis:

- präganglionäre parasympathische sowie viszeroafferente Fasern des Nervus vagus [X]

- präganglionäre sympathische Fasern sowie viszeroafferente Fasern der thorakalen und lumbalen Anteile der Nervi splanchnici
- präganglionäre parasympathische Fasern der Nervi splanchnici pelvici (Abb. 4.139).

Zum Plexus prevertebralis abdominalis gehören auch die prävertebralen Ganglien. Hierbei handelt es sich um erkennbare Verdickungen, die von den Zellkörpern postganglionärer sympathischer Neurone gebildet werden. Sie sind entlang dem Plexus prevertebralis abdominalis angeordnet und werden normalerweise nach dem ihnen am nächsten liegenden Abgang der Aorta abdominalis benannt. Man unterscheidet demnach das **Ganglion coeliacum**, das **Ganglion mesentericum superius** und das **Ganglion mesentericum inferius** (Abb. 4.140). Die Strukturen spielen zusammen mit dem Plexus prevertebralis abdominalis im Rahmen der Innervation der abdominalen Eingeweide eine wichtige Rolle.

Die üblichen Lokalisationen für übertragene viszerale Schmerzen sind in Tab. 4.5 zusammengefasst.

Plexus lumbalis

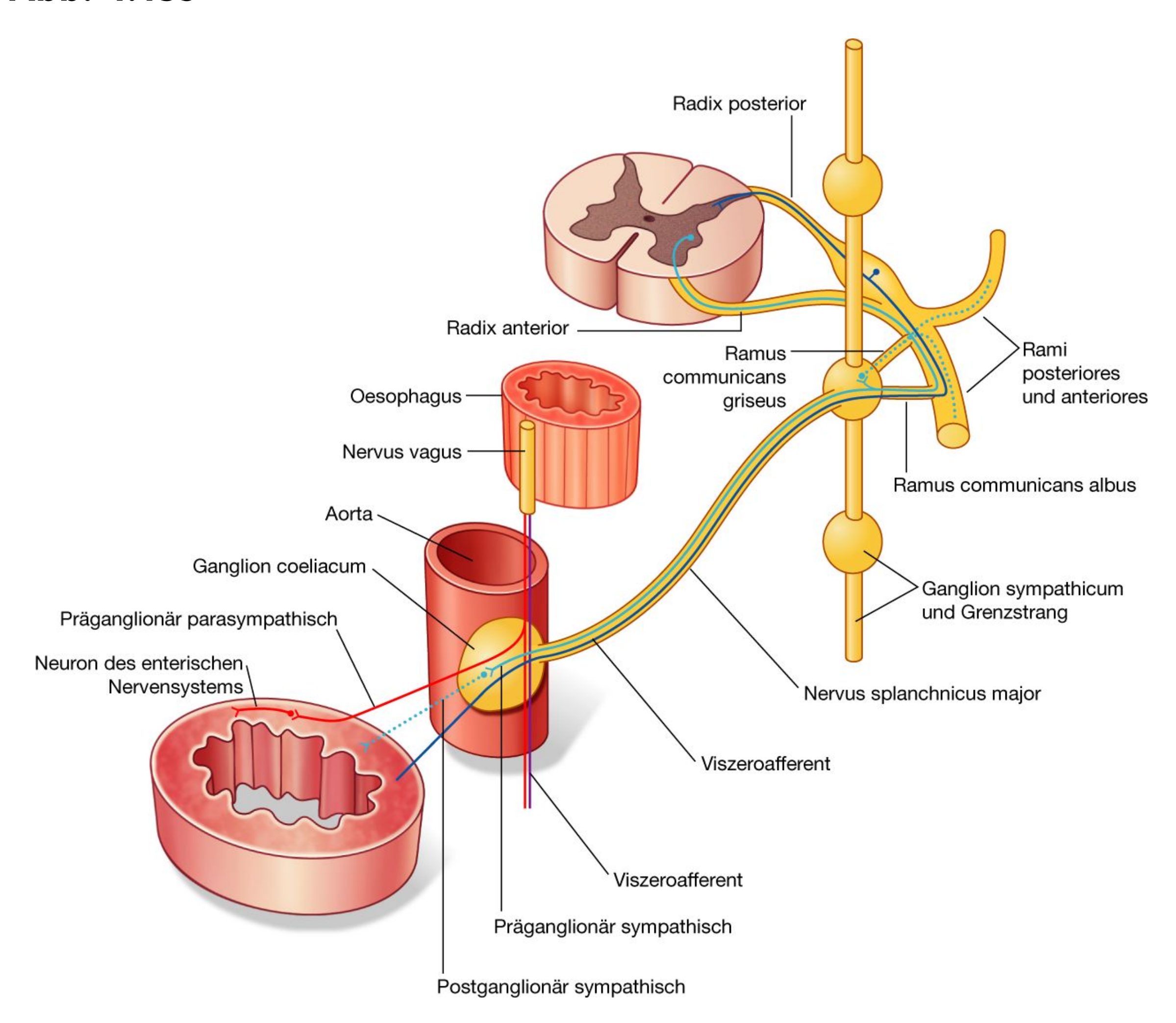
Der Plexus lumbalis geht aus den Rami anteriores der Spinalnerven L1 bis L3 sowie dem größten Teil des Ramus anterior aus L4 hervor (Abb. 4.141 und Tab. 4.6). Der Plexus umfasst ebenfalls Anteile des Spinalnervs Th12 (Nervus subcostalis).

Zu den Ästen des Plexus lumbalis gehören die Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis, cutaneus femoris lateralis, femoralis sowie obturatorius. Der Plexus lumbalis bildet sich zwischen den Muskelfasern des Musculus psoas major vor dessen Ursprüngen an den Processus transversi der Lendenwirbel (Abb. 4.142). Daher entspringen die Nerven in Bezug zum Musculus psoas major entweder

- ventral – Nervus genitofemoralis
- medial – Nervus obturatorius
- oder lateral – Nervi iliohypogastricus, ilioinguinalis, femoralis und cutaneus femoris lateralis.

346

Abb. 4.139



Nervenfasern, die durch den Plexus prevertebralis abdominalis und die Ganglien verlaufen.

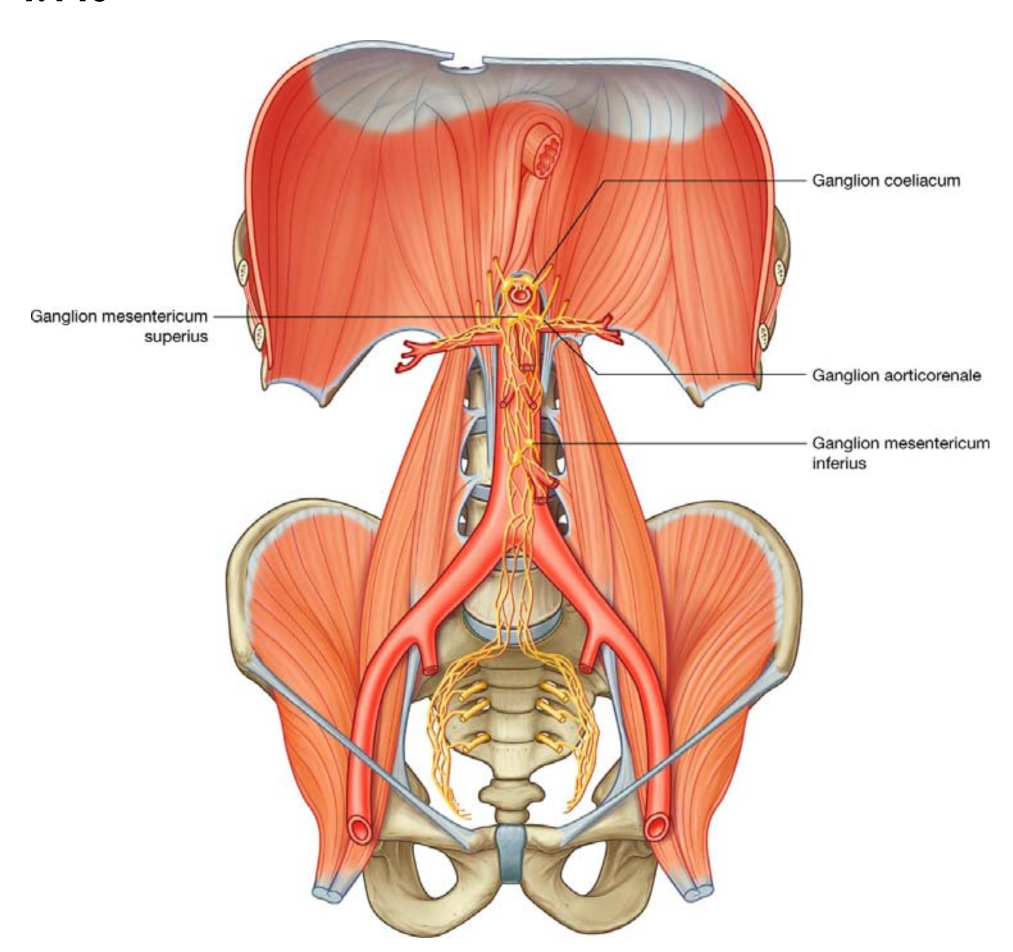
Tab. 4.5 Schmerzübertragungszonen (viszeroafferente Schmerzwege)

Organ	Afferenter Zugang	Rückenmarksegment	Assoziiertes Hautareal
Herz	Nervi splanchnici thoracici	Th1 – Th4	Oberer Thorax und medialer Arm
Vorderdarm (Organe, die über den Truncus coeliacus mit Blut versorgt werden)	Nervus splanchnicus major	Th5 – Th9 (oder Th10)	Unterer Thorax und Epigastrium
Mitteldarm (Organe, die von der Arteria mesenterica superior versorgt werden)	Nervus splanchnicus minor	Th9, Th10 (oder Th10, Th11)	Umbilikalregion
Nieren und oberer Ureter	Nervus splanchnicus imus (minimus)	Th12	Lenden- und Schambereich
Hinterdarm (Organe, die von der Arteria mesenterica inferior versorgt werden)	Nervi splanchnici lumbales	L1, L2	Linke und rechte Lenden- und Leistenregion, lateraler und vorderer Bereich des Oberschenkels

347

348

Abb. 4.140



Prävertebrale Ganglien, die mit dem Plexus prevertebralis assoziiert sind.

Nervus iliohypogastricus und Nervus ilioinguinalis (L1)

Der Nervus iliohypogastricus und der Nervus ilioinguinalis bilden sich aus einem einzigen Truncus aus dem Ramus anterior des Spinalnervs L1 (Abb. 4.141). Entweder bevor oder kurz nachdem der Truncus den lateralen Rand des Musculus psoas major verlässt, teilt er sich in Nervus iliohypogastricus und Nervus ilioinguinalis.

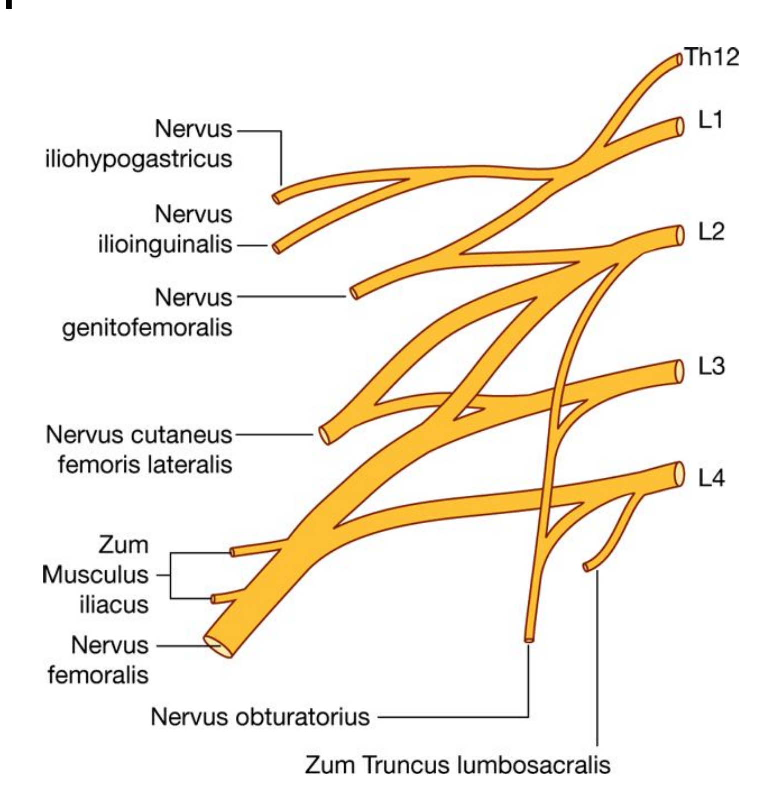
Nervus iliohypogastricus

Der **Nervus iliohypogastricus** verläuft hinter der Niere entlang der Vorderseite des Musculus quadratus lumborum, tritt durch den Musculus transversus abdominis und setzt sich um den Körper zwischen Musculus transversus abdominis und Musculus obliquus internus abdominis in ventraler Richtung fort. Oberhalb der Crista iliaca durchbricht der **Ramus cutaneus lateralis** die Musculi obliqui internus und externus abdominis und innerviert sensibel den oberen äußeren Abschnitt der Glutealregion (Abb. 4.143).

Der **Ramus cutaneus anterior** des Nervus iliohypogastricus setzt den ventralwärts gerichteten Verlauf fort, zieht direkt medial der Spina iliaca anterior superior durch den Musculus obliquus internus abdominis und nimmt von dort einen schräg nach kaudal und medial gerichteten Verlauf. Nach Durchtritt durch die Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis gelangt er direkt über dem Anulus inguinalis superficialis in die Haut, die er im Schambereich sensibel versorgt (Abb. 4.143). In seinem Verlauf gibt er ebenfalls Äste zur Bauchmuskulatur ab.

348
349

Abb. 4.141



Plexus lumbalis.

Tab. 4.6 Äste des Plexus lumbalis

Ast	Ursprung	Rückenmarksegmente	Funktion: motorisch	Funktion: sensibel
Nervus iliohypogastricus	Ramus anterior aus L1	L1	Musculus obliquus internus, Musculus transversus abdominis	Ramus cutaneus lateralis – posterolaterale Glutealregion Ramus cutaneus anterior – Haut im Schambereich
Nervus ilioinguinalis	Ramus anterior aus L1	L1	Musculus obliquus internus, Musculus transversus abdominis	Haut am oberen, medialen Oberschenkel, Haut über dem Ansatz des Penis sowie dem ventralen Anteil des Skrotums bzw. des Mons pubis und der großen Schamlippen
Nervus genitofemoralis	Rami anteriores aus L1 und L2	L1, L2	Ramus genitalis – Musculus cremaster beim Mann	Ramus genitalis – Haut des ventralen Bereichs des Skrotums bzw. Haut des Mons pubis und der großen Schamlippen Ramus femoralis – Haut im ventralen Oberschenkelbereich
Nervus cutaneus femoris lateralis	Rami anteriores aus L2 und L3	L2, L3		Haut im ventrolateralen Bereich des Oberschenkels bis zum Knie
Nervus obturatorius	Rami anteriores aus L2–L4	L2–L4	Musculus obturatorius externus, mediale Oberschenkelmuskulatur	Haut im medialen Bereich des Oberschenkels
Nervus femoralis	Rami anteriores aus L2–L4	L2–L4	Musculus iliacus, Musculus pectineus, Extensoren des Oberschenkels	Haut im vorderen Bereich des Oberschenkels und mediale Seite des Beins

Nervus ilioinguinalis

Der Nervus ilioinguinalis ist dünner als der Nervus iliohypogastricus. Er tritt unterhalb des Musculus quadratus lumborum hindurch und verläuft schräger als der Nervus iliohypogastricus. Normalerweise kreuzt er auf seinem Weg zur Crista iliaca einen Teil des Musculus iliacus. Nahe der Spina iliaca anterior superior durchbohrt er die Musculi

transversus abdominis und obliquus internus abdominis und gelangt so in den Canalis inguinalis.

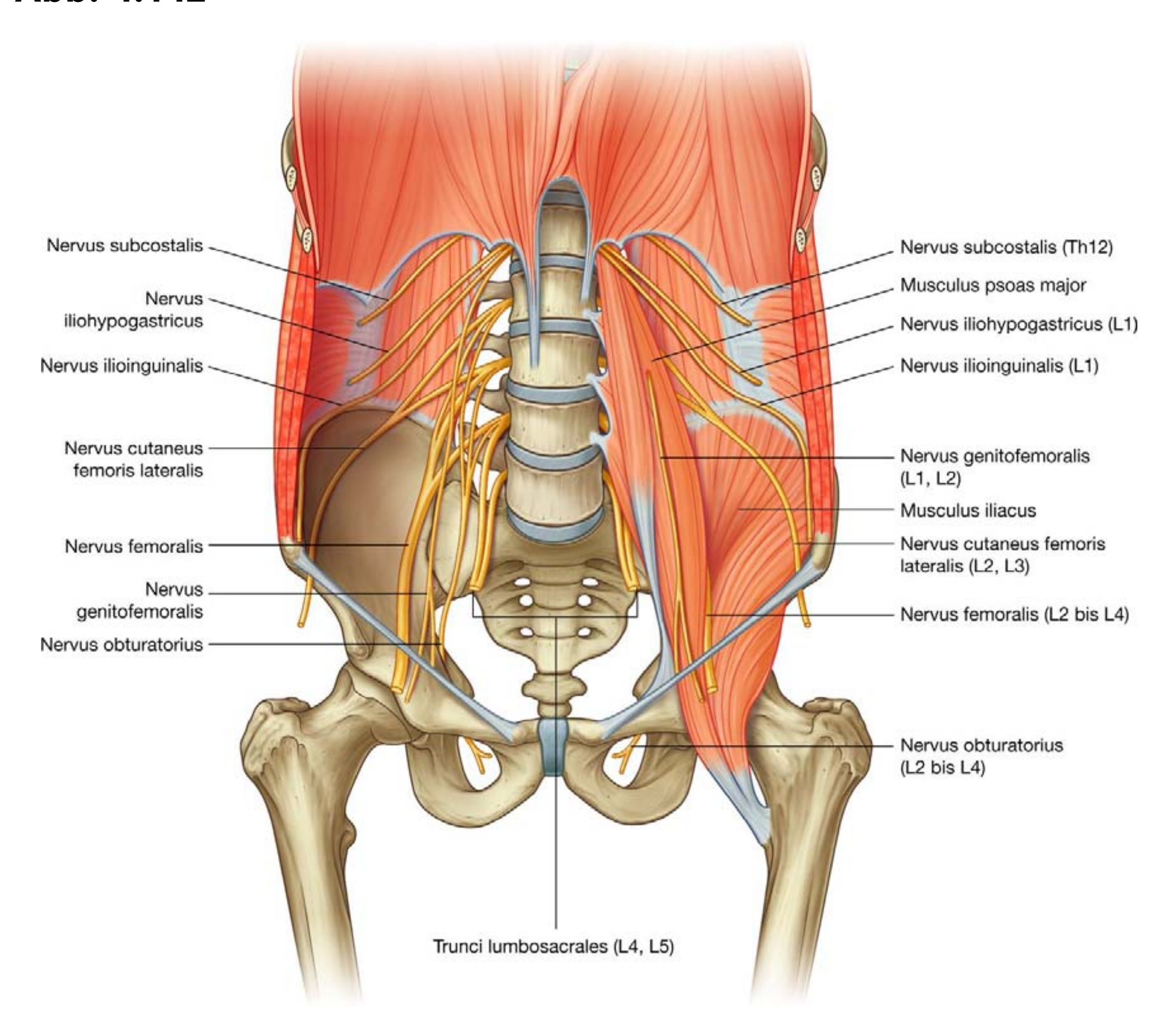
Er tritt dann gemeinsam mit dem Funiculus spermaticus durch den Anulus inguinalis superficialis und trägt zur sensiblen Innervation der Haut am oberen medialen Anteil des Oberschenkels, am Ansatz des Penis und an der Vorderseite des Skrotums beim Mann oder am Mons pubis und an den großen Schamlippen bei der Frau bei (Abb. 4.143). In seinem Verlauf gibt er ebenfalls Äste zur Bauchmuskulatur ab.

Nervus genitofemoralis (L1 und L2)

Der Nervus genitofemoralis bildet sich aus den Rami anteriores der Spinalnerven L1 und L2 (Abb. 4.141). Er verläuft durch den Musculus psoas major kaudalwärts, bis er an dessen Vorderseite zum Vorschein kommt. Von hier zieht er auf der Vorderseite des Muskels und hinter dem Ureter durch den Retroperitonealraum weiter abwärts. Schließlich teilt er sich in einen Ramus genitalis und einen Ramus femoralis.

349
350

Abb. 4.142



Plexus lumbalis in der hinteren Abdominalregion.

Der **Ramus genitalis** verläuft durch den Anulus inguinalis profundus in den Canalis inguinalis und setzt sich kaudalwärts fort:

- Er innerviert beim Mann den Musculus cremaster und endet in der Haut im oberen vorderen Bereich des Skrotums.
- Bei der Frau begleitet er das Ligamentum teres uteri und endet in der Haut des Mons pubis und der großen Schamlippen.

Der **Ramus femoralis** zieht an der lateralen Seite der Arteria iliaca externa abwärts, verläuft unterhalb des Ligamentum inguinale durch die Lacuna vasorum und gelangt lateral der Arteria femoralis in die Fascia femoralis. Er durchbohrt die ventrale Schicht der Fascia femoralis und der Fascia lata und innerviert ein kleines Hautareal im mittleren Bereich des Oberschenkels direkt unterhalb des Leistenbandes (Abb. 4.143).

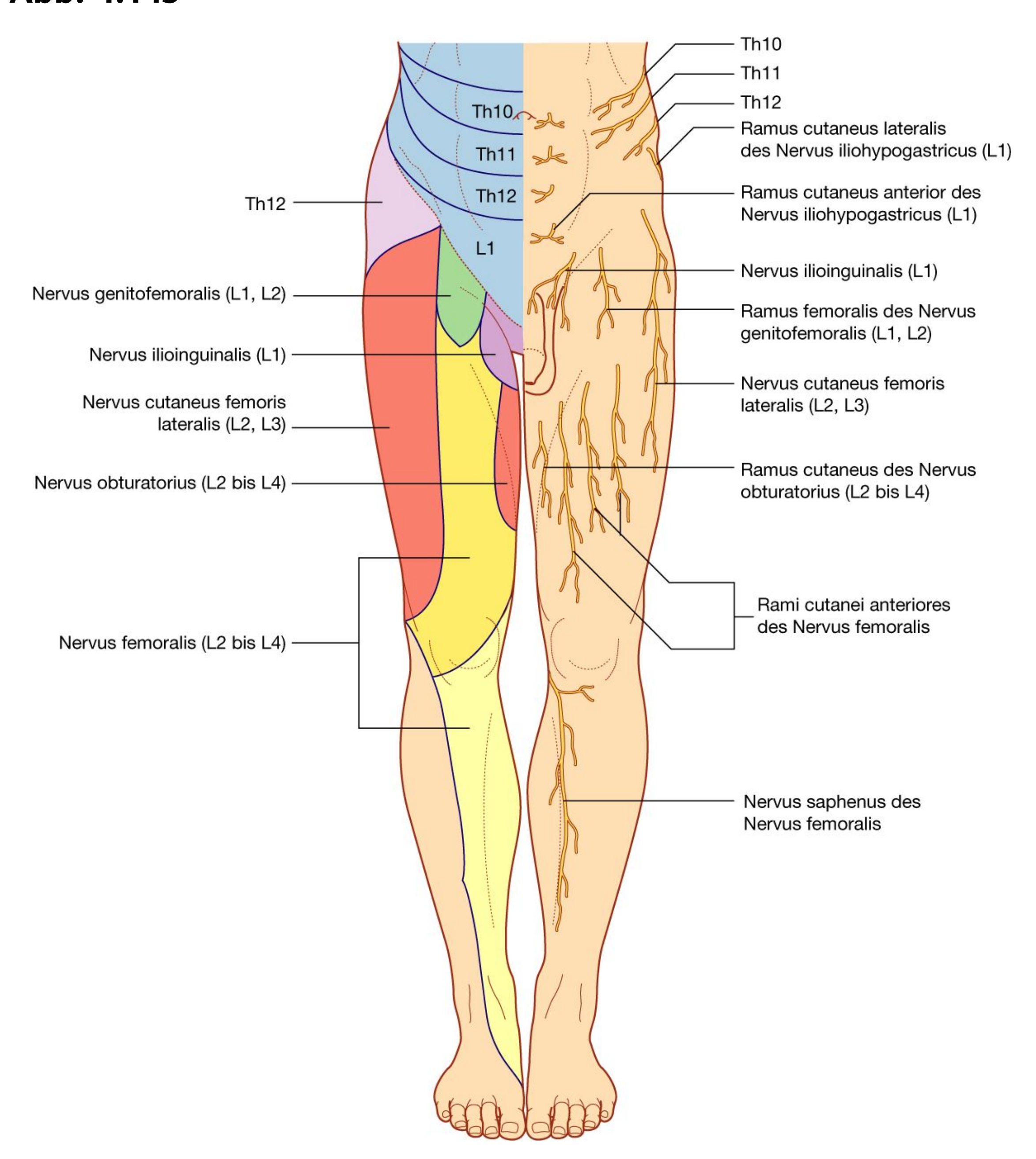
Nervus cutaneus femoris lateralis (L2 und L3)

Der Nervus cutaneus femoris lateralis bildet sich aus dem Zusammenschluss der Rami anteriores der Spinalnerven L2 und L3 (Abb. 4.141). Er tritt am lateralen Rand aus dem Musculus psoas major aus und verläuft schräg über den Musculus iliacus abwärts zur Spina iliaca anterior superior (Abb. 4.142). Unterhalb des Ligamentum inguinale gelangt er im lateralen Bereich durch die Lacuna musculorum zur Haut im ventrolateralen Bereich des Oberschenkels. Der Nervus cutaneus femoris lateralis versorgt die Haut der ventralen und lateralen Seite des Oberschenkels bis hinunter zum Knie (Abb. 4.143).

350

351

Abb. 4.143



Hautinnervation durch die Nerven des Plexus lumbalis.

Nervus obturatorius (L2 bis L4)

Der Nervus obturatorius bildet sich aus Rami anteriores der Spinalnerven L2 bis L4 (Abb. 4.141). Er zieht innerhalb des Musculus psoas major abwärts und kommt an dessen medialer Seite in der Nähe des Beckenrandes zum Vorschein (Abb. 4.142).

Der Nervus obturatorius verläuft dorsal der Vasa iliaca communes und entlang der lateralen Wand der Beckenhöhle in den Canalis obturatorius, durch den er zu den Adduktoren des Oberschenkels gelangt.

Im Bereich des Canalis obturatorius teilt sich der Nervus obturatorius in einen **Ramus anterior** und in einen **Ramus lateralis**. Beim Eintritt in das Kompartiment der Adduktoren 351 352 werden die beiden Äste durch den Musculus obturatorius externus und den Musculus adductor brevis voneinander getrennt. In ihrem Verlauf zwischen den Adduktoren geben Ramus anterior und Ramus lateralis folgende Äste ab:

- Rami articulares zum Hüftgelenk
- Rami musculares zu den Musculi obturatorius externus, pectineus, adductor longus, gracilis, adductor brevis und adductor magnus
- Rami cutanei zur medialen Seite des Oberschenkels
- zusammen mit dem Nervus saphenus einige Rami cutanei zum medialen Bereich des oberen Anteils des Beins sowie einige Rami articulares zum Kniegelenk (Abb. 4.143).

Nervus femoralis (L2 bis L4)

Der Nervus femoralis geht aus Rami anteriores der Spinalnerven L2 bis L4 hervor (Abb. 4.141). Er verläuft durch den Musculus psoas major abwärts und kommt an dessen unterem lateralem Rand zum Vorschein (Abb. 4.142). Zwischen dem lateralen Rand des Musculus psoas major und der Vorderfläche des Musculus iliacus setzt er seinen kaudalwärts gerichteten Verlauf fort. Tief unter der Fascia iliaca und lateral der Arteria femoralis gelangt er unterhalb des Ligamentum inguinale durch die Lacuna vasorum zu den Extensoren des Oberschenkels. Beim Eintritt in den Oberschenkel teilt er sich sofort in zahlreiche Äste auf.

Zu den Rami cutanei des Nervus femoralis gehören:

- Rami cutanei anteriores für die Haut an der Vorderseite des Oberschenkels
- der **Nervus saphenus**, der die Haut an der medialen Seite des Beins innerviert.

Rami musculares des Nervus femoralis innervieren die Musculi iliacus, pectineus, sartorius, rectus femoris, vastus medialis, vastus intermedius und vastus lateralis. Einige Rami articulares innervieren das Hüft- und das Kniegelenk.

352 353

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie des Abdomens

Die Darstellung der Position abdominaler Eingeweide ist bei der körperlichen Untersuchung elementar. Einige Eingeweide oder Anteile sind durch die Bauchwand tastbar, darüber hinaus können auch einige Merkmale tiefer liegender Strukturen zur Lageprojektion genutzt werden (Abb. 4.144).

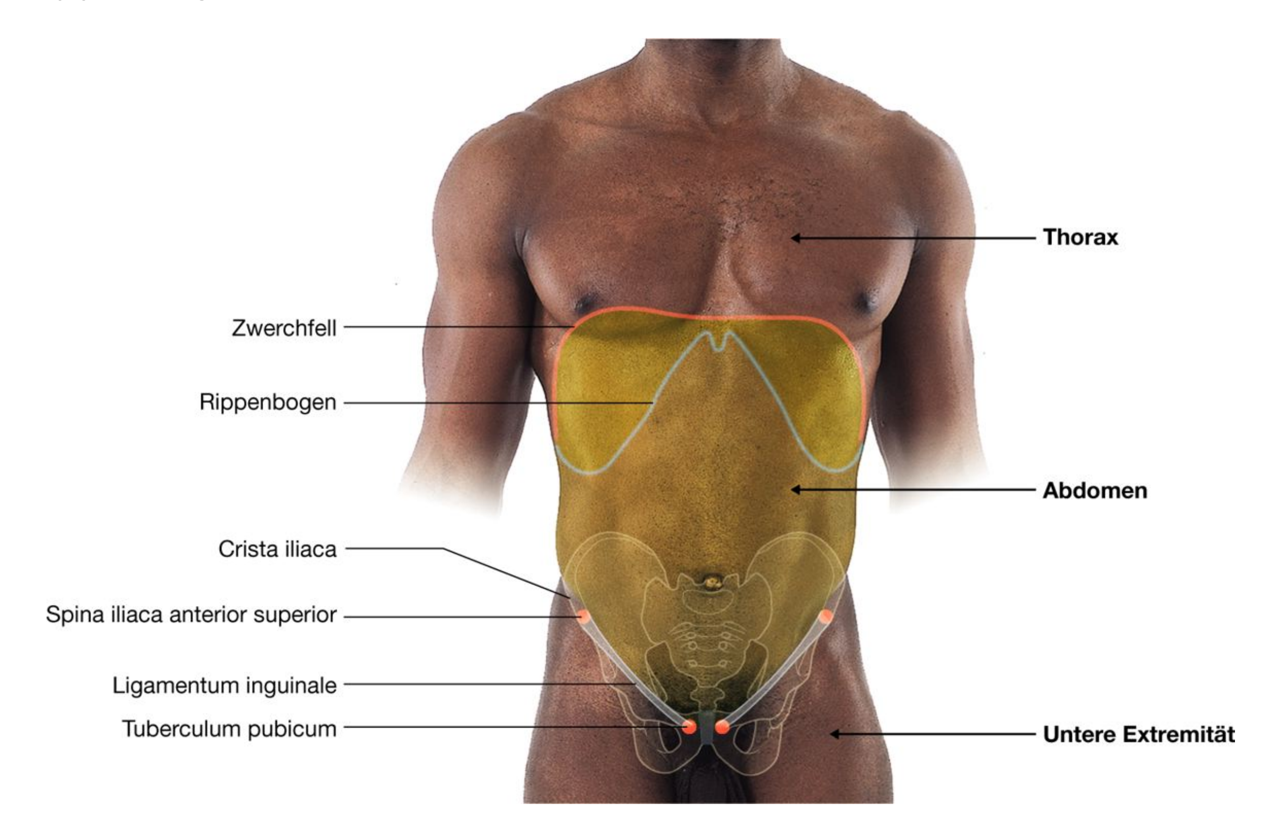
Abb. 4.144



Vordere und hintere Bauchwand. **A**. Frau von vorn. **B**. Frau von hinten. **C**. Mann von vorn. **D**. Mann von hinten.

353

Abb. 4.145



Ansicht der Bauchregion eines Mannes von ventral. Tastbare knöcherne Landmarken, Ligamentum inguinale und Lage des Zwerchfells sind dargestellt.

Bestimmung der Oberflächenprojektion des Abdomens

Einige tastbare Merkmale können genutzt werden, um die Ausdehnung des Abdomens an der Körperoberfläche festzustellen. Zu diesen Merkmalen gehören:

- der Rippenbogen oben
- das Tuberculum pubicum, die Spina iliaca anterior superior sowie die Crista iliaca unten (Abb. 4.145).

Der untere Rippenbogen ist leicht tastbar und trennt die Bauchwand von der Brustwand.

Die Linie zwischen Spina iliaca anterior superior und Tuberculum pubicum beschreibt die Lage des Ligamentum inguinale, das die vordere Bauchwand vom Oberschenkel der unteren Extremität abgrenzt.

Die Crista iliaca trennt die posterolaterale Bauchwand von der Glutealregion der unteren Extremität.

Da sich der obere Anteil der Bauchhöhle vom Rippenbogen bis zum Zwerchfell erstreckt, sind die hier lokalisierten abdominalen Eingeweide von der Brustwand geschützt und nicht tastbar.

Die Höhe des Zwerchfells verändert sich im Rahmen der Atmung stark. Bei forcierter Exspiration kann die Zwerchfellkuppel auf der rechten Seite bis zum 4. Rippenknorpel hinaufreichen.

Auffinden des Anulus inguinalis superficialis

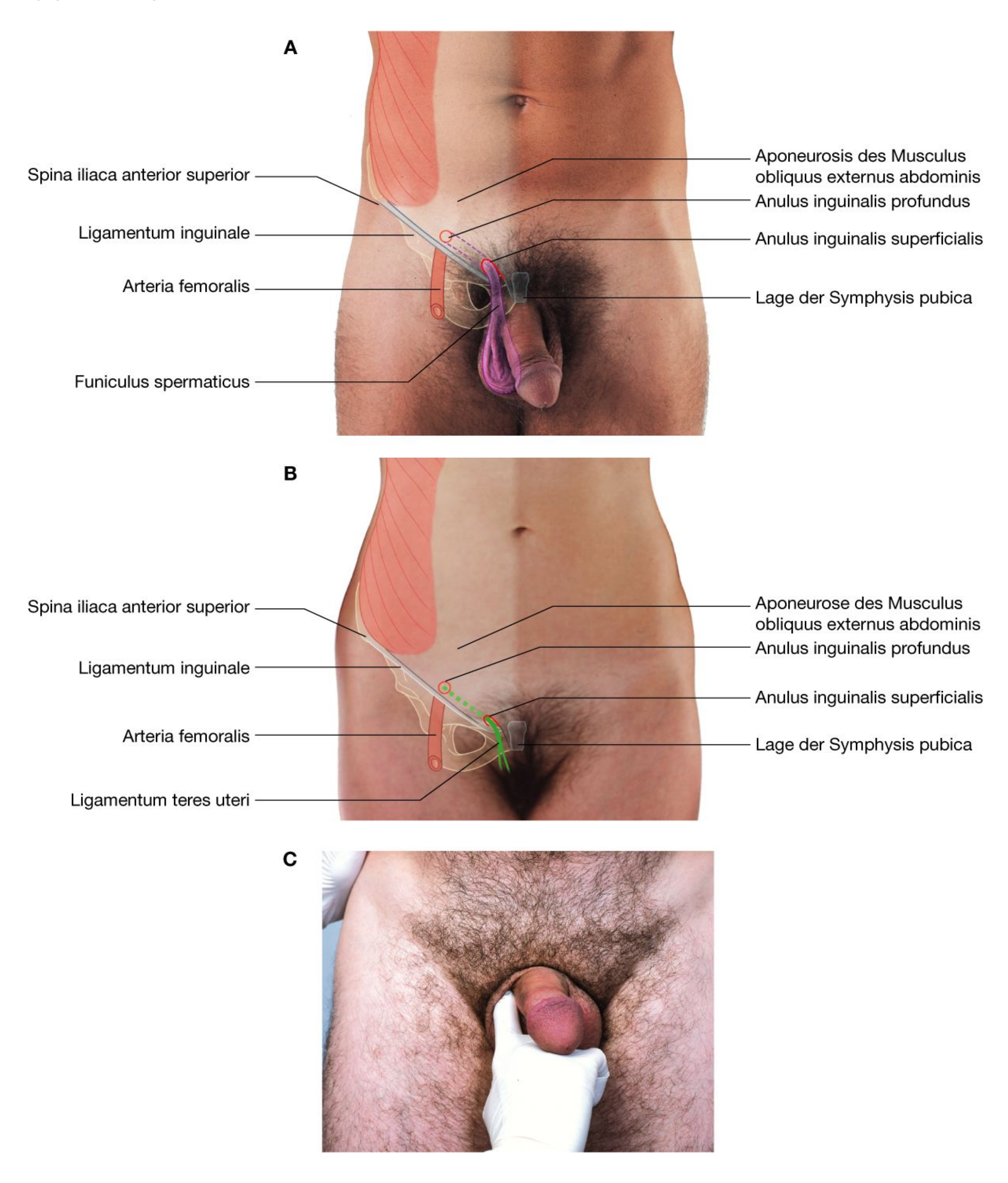
Der Anulus inguinalis superficialis ist eine längliche, dreieckige Lücke in der Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis (Abb. 4.146). Er befindet sich im unteren medialen Bereich der vorderen Bauchwand und stellt dieäußere Öffnung des Canalis inguinalis dar. Der Canalis inguinalis sowie der Anulus inguinalis superficialis sind beim Mann größer als bei der Frau:

- Beim Mann verlaufen Strukturen vom Abdomen durch den Canalis inguinalis und den Anulus inguinalis superficialis zum Hoden.
- Bei der Frau verläuft das Ligamentum teres uteri mit einigen Lymphgefäßen durch den Canalis inguinalis und den Anulus inguinalis superficialis. Das Band inseriert im Bindegewebe des Labium majus pudendi.

Der Anulus inguinalis superficialis befindet sich oberhalb der Crista pubica, des Tuberculum pubicum sowie des Ligamentum inguinale:

354

Abb. 4.146

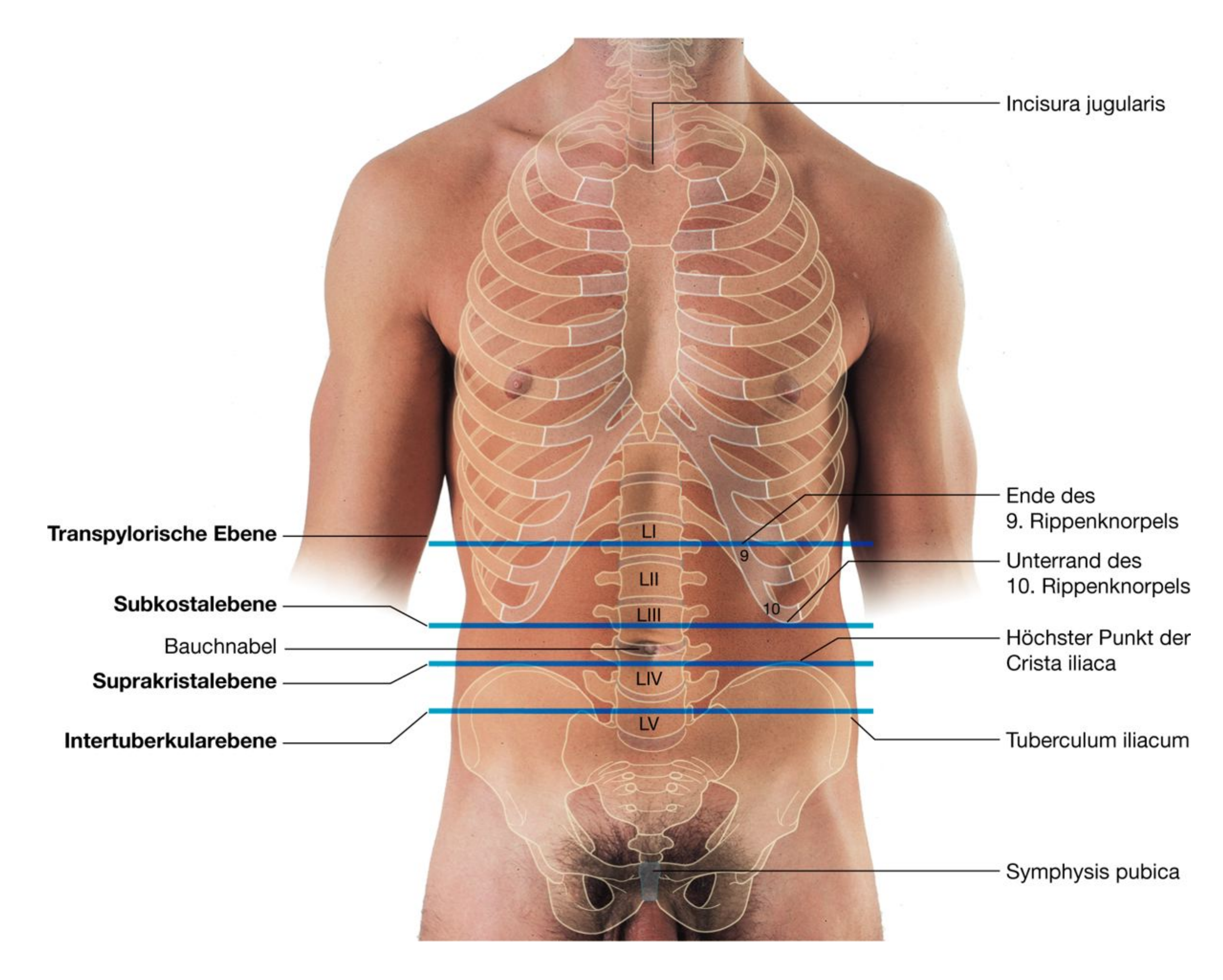


Leistengegend. **A**. Bei einem Mann. **B**. Bei einer Frau. **C**. Untersuchung des Anulus inguinalis superficialis und der dazugehörigen Bereiche des Canalis inguinalis bei einem Mann.

- Beim Mann ist der Anulus inguinalis superficialis leicht auffindbar, wenn man dem Funiculus spermaticus kranialwärts zur unteren Bauchwand folgt, da sich die Fascia spermatica externa des Funiculus spermaticus in die Ränder des Anulus inguinalis superficialis fortsetzt.

- Bei der Frau ist das Tuberculum pubicum tastbar; der Anulus inguinalis superficialis befindet sich oberhalb und lateral davon.

Abb. 4.147



Merkmale zur Bestimmung der Lage der Lendenwirbel sind angedeutet. Ansicht eines Mannes von ventral.

Ber Anulus inguinalis profundus, der die innere Öffnung des Canalis inguinalis darstellt, liegt auf halber Strecke zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphysis pubica oberhalb des Ligamentum inguinale. An dieser Stelle kann der Puls der Arteria femoralis unterhalb des Ligamentum inguinale getastet werden.

Da Am Anulus inguinalis inguinalis superficialis auftreten, tastet man bei der körperlichen Untersuchung (besonders beim Mann) den Leistenring sowie den dazugehörigen Leistenkanal ab.

Bestimmung von Lendenwirbelebenen

Lendenwirbel sind hilfreich, um die Lage der Eingeweide und der Hauptblutgefäße auszumachen. Die ungefähre Lage der Lendenwirbel lässt sich bestimmen, indem man folgende tastbare oder sichtbare Merkmale nutzt (Abb. 4.147):

- Die transpylorische Ebene schneidet den Körper in der Mitte zwischen Incisura jugularis und Symphysis pubica und verläuft als Horizontale durch die medialen Enden der 9. Rippenknorpel sowie durch den 1. Lendenwirbel.
- Eine Horizontalebene verläuft durch den unteren Rippenbogen (10. Rippenknorpel) und durch den 3. Lendenwirbel (Subkostalebene). Der Bauchnabel befindet sich für gewöhnlich auf einer Höhe mit der Zwischenwirbelscheibe des 3. und 4. Lendenwirbels.
- Die Horizontalebene durch den höchsten Punkt der Crista iliaca verläuft durch den Processus spinosus und den 4. Lendenwirbelkörper und wird als Suprakristalebene bezeichnet.
- Die Ebene durch die Tubercula iliaca verläuft durch den 5. Lendenwirbelkörper (Intertuberkularebene).

Darstellung der Strukturen auf Höhe des 1. Lendenwirbels

Die transpylorische Ebene liegt auf Höhe des 1. Lendenwirbels auf halber Strecke zwischen Incisura jugularis und Symphysis pubica sowie auf einer Höhe mit den Enden der 9. Rippenknorpel (Abb. 4.148). In dieser Ebene befinden sich:

356
357

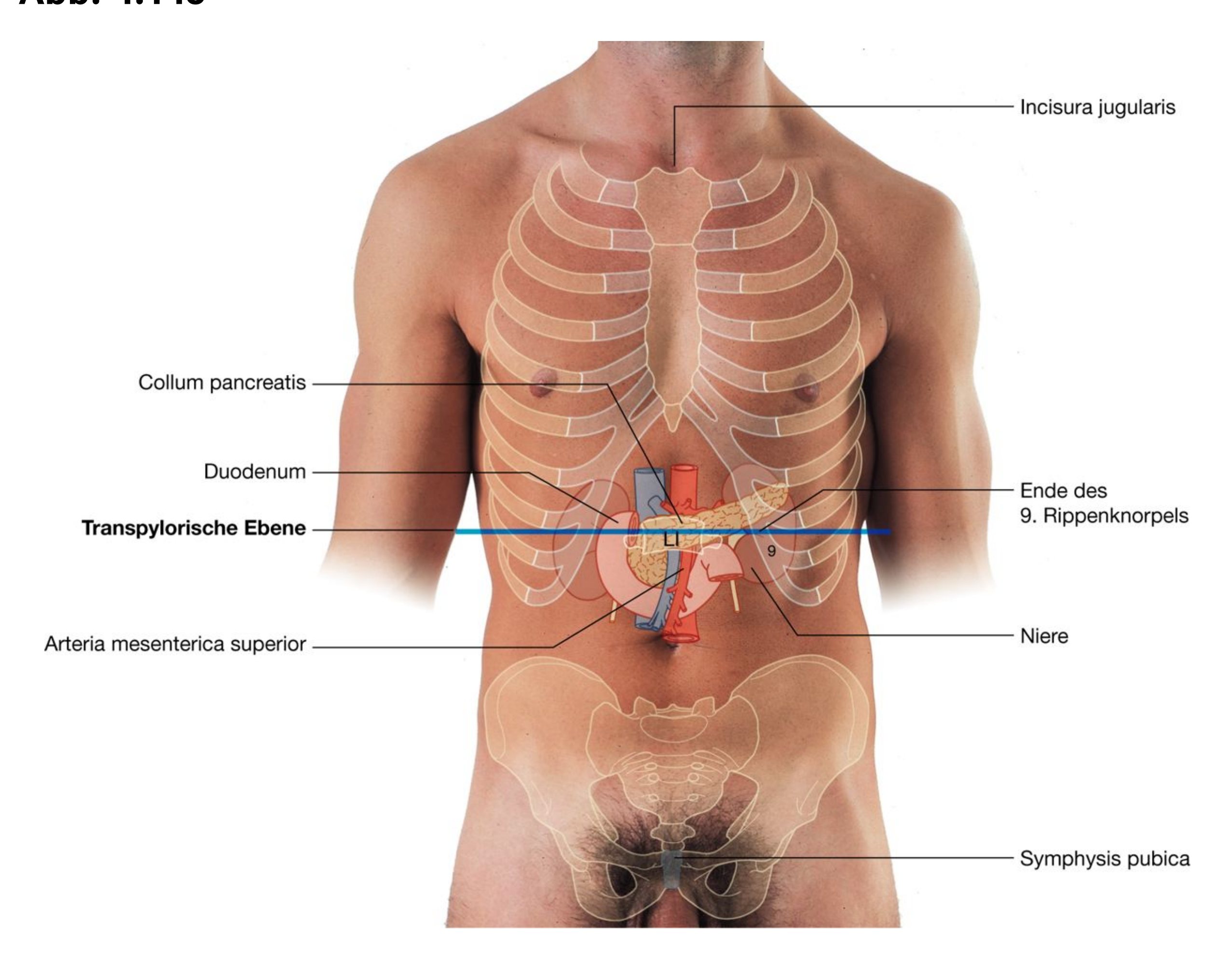
- der Anfangsabschnitt des Duodenums
- die Nierenhila
- der Hals der Bauchspeicheldrüse
- der Abgang der Arteria mesenterica superior aus der Aorta.

Die linke und rechte Kolonflexur liegen ebenfalls in der Nähe dieser Ebene.

Ermittlung der Lage der Hauptblutgefäße

Jede Ebene durch einen Wirbel im Abdomen ist mit einem Ursprung der Hauptblutgefäße assoziiert (Abb. 4.149):

Abb. 4.148



Wichtige Eingeweide auf Höhe des ersten Lendenwirbels. Ansicht eines Mannes von ventral.

- Der Truncus coeliacus entspringt auf Höhe des Oberrandes des 1. Lendenwirbels aus der Aorta.
- Die Arteria mesenterica superior entspringt auf Höhe des Unterrandes des 1. Lendenwirbels aus der Aorta.
- Die Arteriae renales entspringen ungefähr auf Höhe des 2. Lendenwirbels.
- Die Arteria mesenterica inferior entspringt auf Höhe des 3. Lendenwirbels.
- Die Aorta teilt sich auf Höhe des 4. Lendenwirbels in die rechte und linke Arteria iliaca communis.
- Die Venae iliacae communes sinistra und dextra vereinigen sich auf Höhe des 5. Lendenwirbels zur Vena cava inferior.

Einteilung in abdominale Quadranten zur Lokalisation der wichtigsten Eingeweide

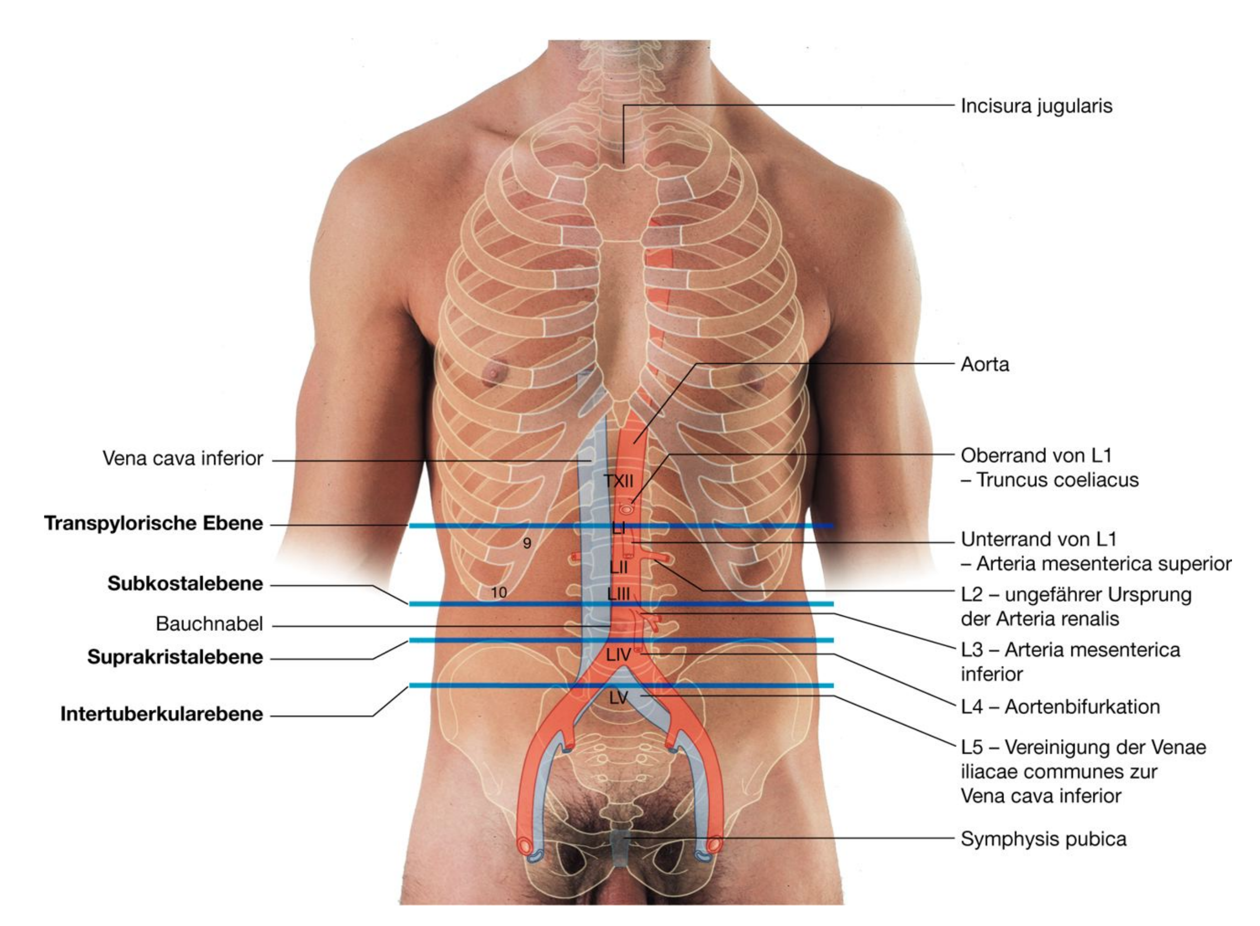
Das Abdomen kann durch die mediane Sagittalebene und die transumbilikale Transversalebene, die durch den Bauchnabel verläuft, in Quadranten eingeteilt werden (Abb. 4.150):

- Die Leber und die Gallenblase befinden sich im rechten oberen Quadranten.

357
358

- Der Magen und die Milz befinden sich im linken oberen Quadranten.
- Das Zäkum und die Appendix befinden sich im rechten unteren Quadranten.
- Der distale Abschnitt des Colon descendens sowie das Colon sigmoideum befinden sich im linken unteren Quadranten.

Abb. 4.149



Projektion der Hauptblutgefäße auf die Körperoberfläche. Ansicht eines Mannes von ventral.

Der größte Teil der Leber befindet sich rechts unter der Zwerchfellkuppel und tief unterhalb der Brustwand. Nach Aufforderung des Patienten, tief einzuatmen, lässt sich der untere Leberrand beim Hinabgleiten unter dem Rippenrand tasten. Bei tiefer Inspiration kann mit den palpierenden Fingern unter dem Rippenrand gefühlt werden, wie der Leberrand „vorbeigleitet“.

Typische Oberflächenprojektionen der Appendix sind der McBurney-Punkt und der Lanz-Punkt. Ersterer befindet sich am Übergang vom lateralen zum mittleren Drittelpunkt auf der Verbindungslinie zwischen der rechten Spina iliaca anterior superior und dem Nabel (Monro-Linie). Letzterer liegt auf dem rechtsseitigen Drittelpunkt der Verbindungslinie der beiden Spinae iliacae anteriores superiores (Interspinallinie).

Bestimmung von Oberflächenregionen, in die Eingeweideschmerzen übertragen werden

Das Abdomen wird durch die beiden Medioklavikularlinien, die Subkostalebene und die Intertuberkularebene in neun Regionen geteilt (Abb. 4.151). Die Linien teilen das Abdomen in:

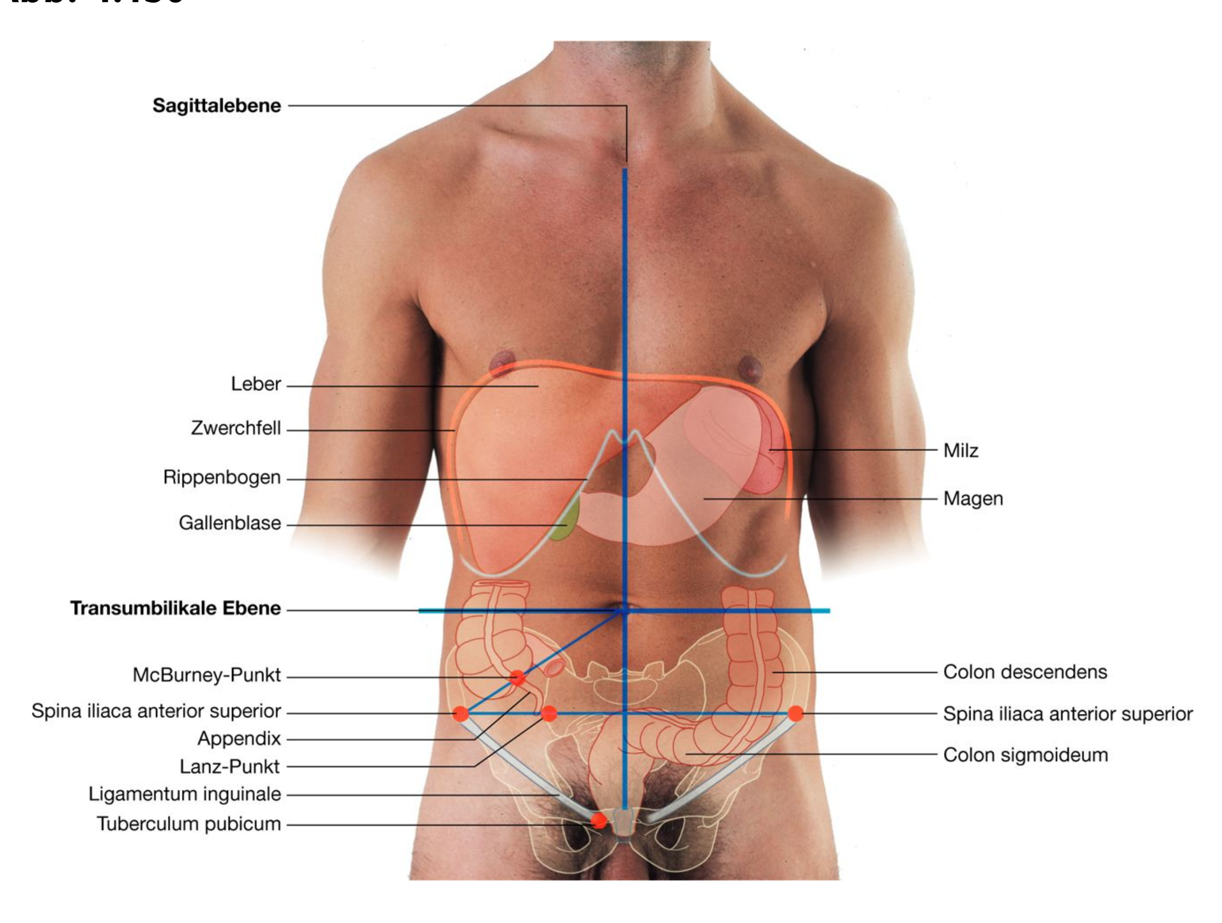
- drei zentrale Regionen (Regio epigastrica, Regio umbilicalis, Regio pubica)
- drei laterale Regionen auf jeder Seite (Regio hypochondriaca, Regio lateralis, Regio inguinalis).

Schmerzen aus dem abdominalen Bereich des Vorderdarms werden in die Regio epigastrica projiziert, Schmerzen aus dem Mitteldarm werden in die Regio umbilicalis projiziert, und Schmerzen aus dem Hinterdarm werden in die Regio pubica projiziert.

358

359

Abb. 4.150



Einteilung in Abdominalquadranten und Lage der wichtigsten Eingeweide. Ansicht eines Mannes von ventral.

Auffinden der Nieren

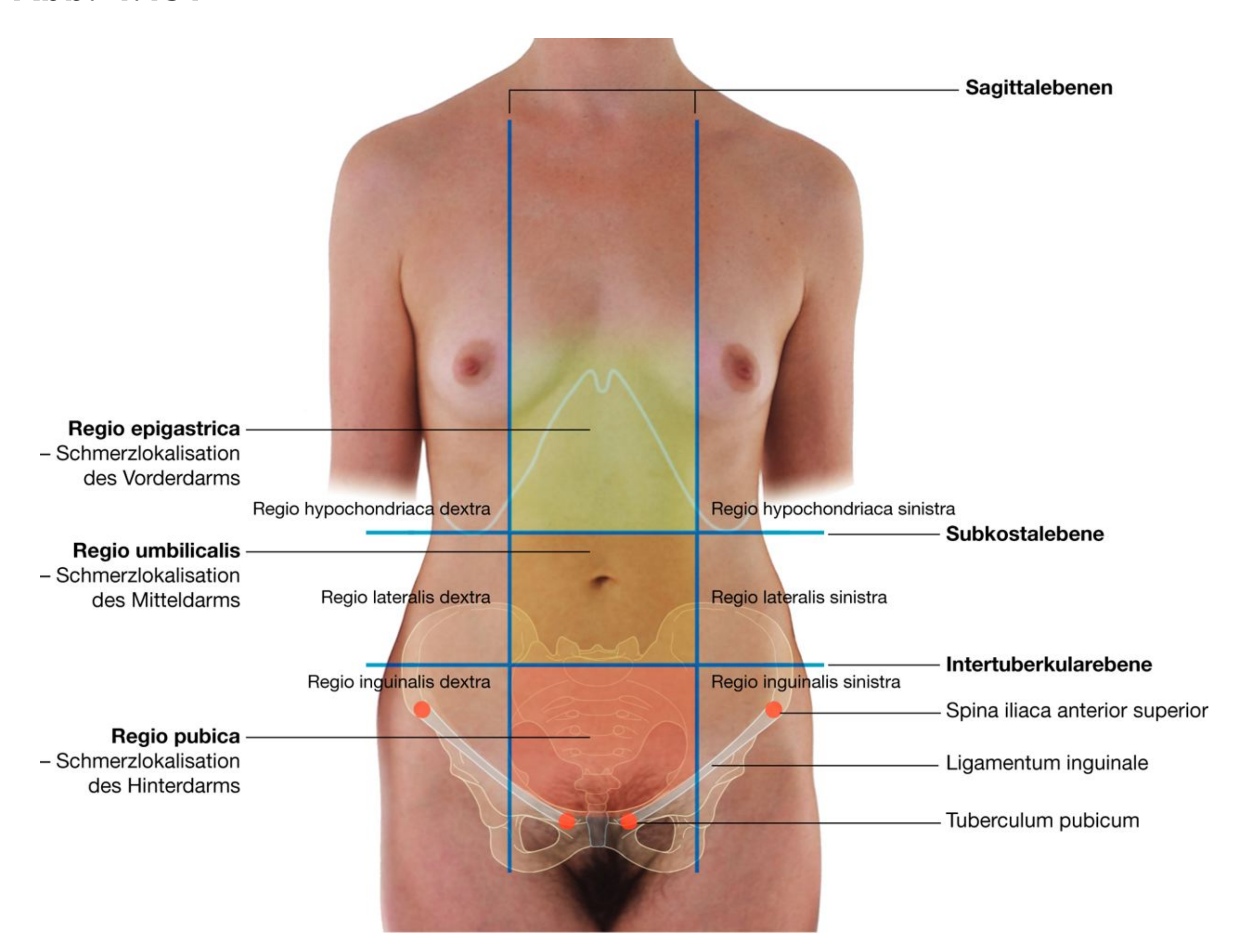
Die Nieren projizieren sich auf Höhe der unteren Rippen jeweils seitlich der Mittellinie auf den Rücken (Abb. 4.152):

- Die linke Niere liegt etwas höher als die rechte Niere und reicht bis zur 11. Rippe;
- Der obere Nierenpol der rechten Niere ragt nur bis zur 12. Rippe hinauf.

Die kaudalen Nierenpole liegen jeweils ungefähr auf Höhe des Discus intervertebralis zwischen 3. und 4. Lendenwirbel. Die Nierenhila sowie die proximalen Enden der Harnleiter liegen etwa auf Höhe des 1. Lendenwirbels.

Die Ureter verlaufen nahezu senkrecht vor den Spitzen der Processus transversi der unteren Lendenwirbel abwärts und gelangen so in das Becken.

Abb. 4.151



Die neun Regionen des Abdomens. Ansicht einer Frau von ventral.

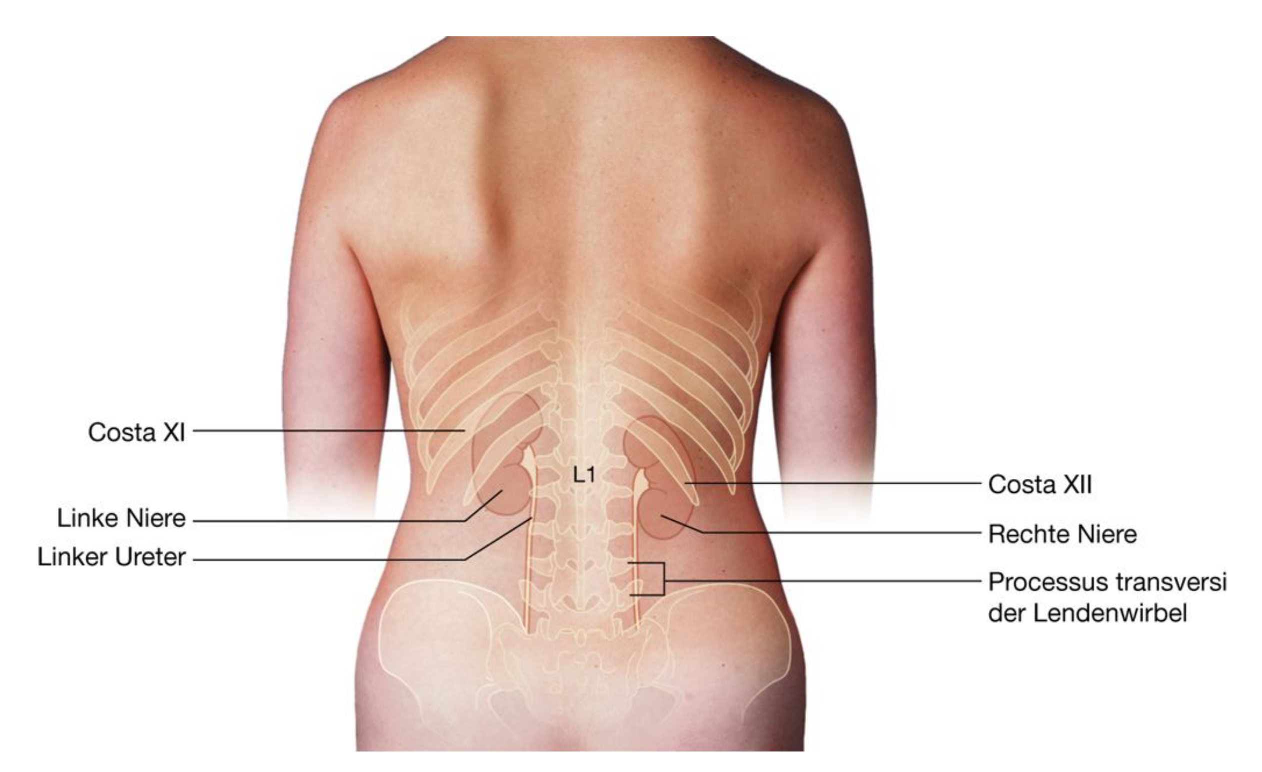
Auffinden der Milz

Die Milz projiziert sich im Bereich der 9. bis 11. Rippe auf die linke Seite des Rückens (Abb. 4.153). Sie folgt der Kontur der 10. Rippe und erstreckt sich vom oberen linken Nierenpol bis direkt hinter die Linea medioaxillaris.

360

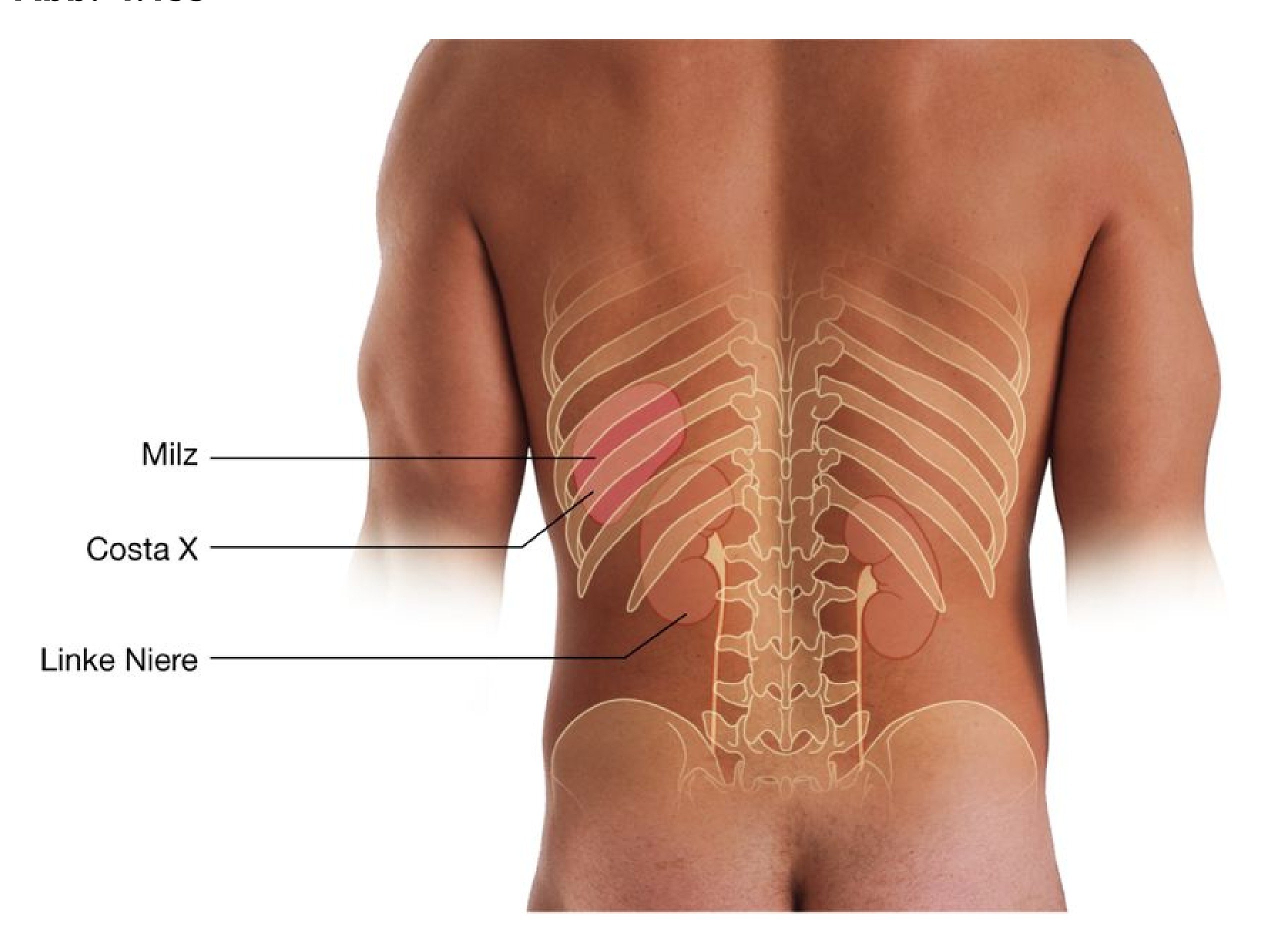
361

Abb. 4.152



Oberflächenprojektion der Nieren und der Ureter. Ansicht der Abdominalregion einer Frau von dorsal.

Abb. 4.153



Oberflächenprojektion der Milz. Ansicht eines Mannes von dorsal.

361
362

Klinische Fälle

Fall 1

Traumatische Zwerchfellruptur

Bei einem 45-jährigen Mann, der sich wegen leichter Schmerzen im Oberbauch vorstellt, wird ein ösophagealer Reflux diagnostiziert. Die daraufhin verschriebenen Medikamente helfen. Zur Diagnostik hatte der Hausarzt bei der Erstvorstellung eine Röntgen-Thoraxaufnahme anfertigen lassen, auf der eine deutliche Wölbung auf der linken Zwerchfellseite sowie alte Rippenfrakturen sichtbar sind.

Der Patient wird zur Abklärung weiterer Fragen nochmals einbestellt.

Da er mit der Therapie gegen den ösophagealen Reflux sehr zufrieden ist und keine Beschwerden mehr hat, ist er nun ein wenig besorgt, dass er ein weiteres Mal zur Untersuchung einbestellt wurde. Im Rahmen der Anamnese ergibt sich, dass er früher einmal in einen Motorradunfall verwickelt war und sich aufgrund einer „Ruptur" einer Laparotomie unterziehen musste. Der Patient erinnert sich nicht, welche Operation seinerzeit durchgeführt wurde, ist aber überzeugt, dass sie effektiv war.

Vermutlich wurde eine Splenektomie durchgeführt.

Bei jedem Patienten, der schon einmal schwere abdominale Aufprallverletzungen erlitten hat, wie beispielsweise im Rahmen eines Motorradunfalls, sind untere linksseitige Rippenfrakturen immer ein wichtiger Hinweis auf ein ausgeprägtes Trauma.

Bei Durchsicht der alten Unterlagen des Patienten stellt sich heraus, dass nach dem Unfall die Milz entfernt, eine kleine Ruptur in der linken Zwerchfellkuppe aber über-sehen wurde. Bei dem Patienten bildete sich langsam eine innere Hernie aus, durch die sich Darmanteile gestülpt haben. Im Thorax-Röntgenbild war dies als sichtbare Vorwölbung erkennbar.

Da dieser Unfall schon einige Jahre zurückliegt und der Patient bisher symptomfrei ist, ist es eher unwahrscheinlich, dass spätere Komplikationen auftreten werden, sodass der Patient wieder entlassen wird.

Fall 2

Chronische Thrombose der Vena cava inferior

Ein Medizinstudent wird gebeten, das Abdomen zweier Patienten zu untersuchen. Bei dem ersten Patienten fallen ihm vergrößerte strahlenförmige Venen um den Bauchnabel auf. Bei dem zweiten Patienten bemerkt er vergrößerte Hautvenen, die von der Leiste über den Thorax in kaudokranialer Richtung verlaufen. Der Student soll die Befunde erklären und die Bedeutung der beiden Merkmale bestimmen.

Der erste Patient zeigt radiär von der Periumbilikalregion ausstrahlende Venen. Beim Gesunden sind keine vergrößerten Venen um den Nabel sichtbar. Im Gegensatz dazu ist bei Patienten mit portaler Hypertonie der Pfortaderdruck aufgrund einer Lebererkrankung erhöht. Dabei bilden sich im Rahmen eines Umgehungs-kreislaufs kleine Kollateralvenen um die obliterierte Vena umbilicalis aus. Die Venen verlaufen über das Ligamentum teres hepatis zum Bauchnabel und treten mit den paraumbilikalen Venen um den Nabel in Kontakt. Es ist zur Ausbildung einer portokavalen Anastomose gekommen. Bei dem Patienten wird schließlich eine Leberzirrhose diagnostiziert.

Beim zweiten Patienten ist der kaudokraniale Venenverlauf auf der vorderen Bauchwand untypisch. Sind Venen in dieser Weise ausgeprägt, muss an eine kavokavale Anastomose gedacht werden. Normalerweise wird das Blut der unteren Extremitäten und der retroperitonealen Organe über die Vena cava inferior und von dort in den rechten Herzvorhof drainiert. Bei dem zweiten Patienten ist es zu einer Thrombose der Venacava inferior gekommen, und der normale Drainageweg ist damit versperrt. Dabei haben sich Kollateralen über die Venae epigastricae inferiores, Venae thoracoepigastricae, Venae subclaviae und Venae brachiocephalicae ausgebildet, die das Blut über die Vena cava superior zum rechten Herzvorhof zurückgeführt haben.

362

363

Nach der anfänglichen Thrombose der Vena cava inferior sind die Venen der vorderen Bauchwand und andere Kollateralen hypertrophiert, um sich dem vermehrten Blutfluss anzupassen.

Fall 3

Ein 55-jähriger Mann stellt sich mit einem ausgeprägten Ikterus und einem massiv geblähten Bauch vor. Es wird eine Leberzirrhose diagnostiziert, und im Rahmen der weiteren Diagnostik wird ein ausgeprägter Aszites (Flüssigkeit in der Peritonealhöhle) nachgewiesen. Um die Ursache der Zirrhose abzuklären, soll eine Leber-biopsie durchgeführt werden. Bei den behandelnden Ärzten stellt sich dabei die Frage, wie die Biopsie durchgeführt werden soll (Abb. 4.154).

Bei Patienten mit einer Leberzirrhose ist es immer wichtig, Ausmaß und Ätiologie der Zirrhose abzuklären.

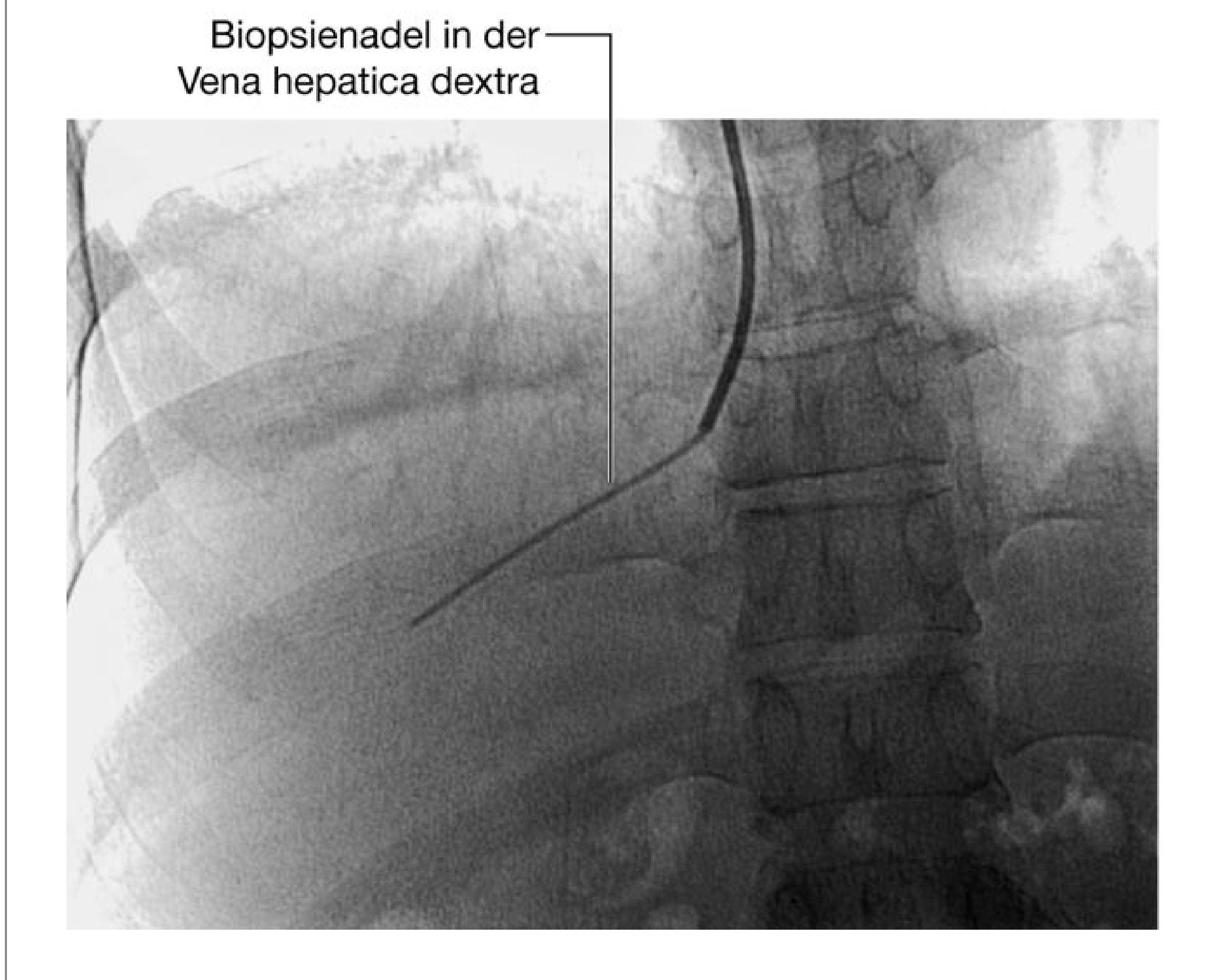
Hierzu sind Anamnese, Untersuchungsbefund sowie Blutbilder sehr nützlich und werden durch radiologische Untersuchungsbefunde gestützt. Um eine Behandlung beginnen und prognostische Aussagen treffen zu können, muss eine Leberbiopsie entnommen werden. Allerdings müssen im Rahmen der Biopsie einige wichtige Aspekte bedacht werden. Einer der wichtigsten Aspekte ist die Leberfunktion.

Die Leberfunktion ist bei Patienten mit Lebererkrankungen häufig mangelhaft. Dies ist schon an dem ausgeprägten Ikterus des Patienten sichtbar. Hierbei handelt es sich um die Unfähigkeit, Bilirubin zu konjugieren. Wichtig ist auch, dass bei Patienten mit schweren Lebererkrankungen die Gerinnungsfähigkeit des Bluts stark herabgesetzt ist, da einige Gerinnungsfaktoren, die in der Gerinnungskaskade eine Rolle spielen, von der Leber synthetisiert werden. Patienten mit Leberfunktionsstörung haben daher oft ein stark erhöhtes Blutungsrisiko.

Ein weiterer Aspekt ist der Aszites.

Normalerweise liegt die Leber an der lateralen und vorderen Bauchwand. Dieser direkte Kontakt kann für den Heilungsverlauf nach einer Biopsie nützlich sein. Nach einer Biopsie liegt der Patient auf der Stelle, an der die Biopsie entnommen wurde. Auf diese Weise kann jede örtliche Blutung gestillt werden. Bei Patienten mit schwerem Aszites kommt die Leber aufgrund der intra-peritonealen Flüssigkeit nicht mit der lateralen und vorderen Bauchwand in Kontakt. So kann Blut nach der Biopsie ungehindert in das Bauchfelltranssudat gelangen.

Abb. 4.154



Transjuguläre Leberbiopsie. Nadel in der Vena hepatica dextra. Röntgenbild.

363

364

Fall 3 (Fortsetzung)

Da der Patient im vorliegenden Fall einen Aszites aufweist, muss eine andere Vorgehensweise in Betracht gezogen werden.

Der Patient wird zur transjugulären Leberbiopsie in die Radiologie gebracht.

Am Hals wird die Haut um die Vena jugularis betäubt. Der Zugang wird durch Einbringen einer Nadel und eines Führungsdrahts ermöglicht. Der Führungsdraht wird durch die Vena jugularis interna dextra in die Vena brachio-cephalica dextra vorgeschoben. Von hier gelangt er weiter in die Vena cava superior an der dorsalen Wand des Vorhofs entlang bis in den oberen Anteil der Vena cava inferior. Über den Draht wird ein Katheter eingeführt und in der Vena hepatica dextra platziert. Mithilfe von Dilatatoren wird das Lumen vergrößert, und die Biopsienadel wird über den Führungsdraht in die Vena hepatica dextra eingebracht. Die Leber wird so durch die Vena hepatica dextra biopsiert und die Gewebeprobe entnommen. Mithilfe einer einfachen Naht wird

die Vena jugularis interna im Hals verschlossen und durch leichte Kompression einer Blutung vorgebeugt.

Falls die Biopsienadel nicht die Leberkapsel durchdringt, spielt es keine Rolle, wie stark der Patient aus der Leber blutet, da das Blut direkt durch die Vena hepatica in den Kreislauf gelangt.

Fall 4

Hodgkin-Lymphom

Ein 35-jähriger Mann stellt sich mit einer diffusen, schlecht definierbaren, epigastrischen Schwellung vor. Weitere Untersuchungen weisen auf eine asymmetrische Vergrößerung des Skrotums hin.

Als Teil ihrer Differenzialdiagnose zieht die Assistenzärztin die Möglichkeit eines Hodentumors mit lokaler paraaortaler Lymphknotenbeteiligung (Nodi lymphoidei aortici laterales, Nodi lymphoidei lumbales) in Erwägung.

Eine primär knotige Neoplasie ist die häufigste Tumorerkrankung bei Männern im Alter zwischen 25 und 34 Jahren und stellt gleichzeitig 1 – 2% aller malignen Erkrankungen bei Männern dar. Hodentumoren sowie ein Maldescensus testis stellen prädisponierende Faktoren dar.

Die Ausbreitung des Tumors erfolgt normalerweise in die Lymphknoten, die die Hoden drainieren.

Die Hoden entwickeln sich aus Strukturen, die sich zwischen der Fascia transversalis und dem Peritoneum sowie im oberen Abdomen neben den Nierengefäßen befinden. Vor der Geburt wandern sie normalerweise entlang dem Gubernaculum testis durch den Leisten-kanal in das Skrotum und nehmen dabei ihre Gefäß- und Nerven-versorgung sowie ihre Lymphabflusswege mit.

Ein CT-Bild verdeutlicht die paraaortale Lymphknoten-vergrößerung im oberen Abdomen sowie die vergrößerten Lymphknoten entlang der Arteriae und Venae iliacae interna und communis.

Geht man davon aus, dass es sich bei der skrotalen Schwellung um einen Hodentumor handelt, der normalerweise in die Nodi lymphoidei aortici laterales (lumbales) des oberen Abdomens metastasiert, wäre das Auftreten einer iliakalen Lymphadenopathie sehr untypisch.

Weitere Untersuchungen der skrotalen Schwellung sind daher indiziert.

Eine Diaphanoskopie (Transilluminationstest – das Skrotum wird mit einer Lichtquelle durchleuchtet; fällt Licht durch das Skrotum, ist der Test positiv und deutet auf eine Flüssigkeitsansammlung im Cavum serosum scroti hin) des betroffenen Hodens fällt positiv aus. Ein Sonogramm zeigt einen normalen rechten und linken Hoden, allerdings ist eine größere Flüssigkeitsansammlung um den rechten Hoden nachweisbar. Es handelt sich um eine rechtsseitige Hydrozele.

Skrotale Schwellungen kommen bei jüngeren Männern nicht selten vor; allerdings ist die genaue, anatomische Lage der Schwellung von größter klinischer Bedeutung. Jede Hodenvergrößerung sollte auf Malignität untersucht werden. Schwellungen, die von den Nebenhoden oder von

364
365

skrotalen Läsionen ausgehen, wie beispielsweise Flüssgkeitsansammlungen, Hydozelen oder Hernien, sind klinisch ebenfalls wichtig, sie sind aber nicht maligne.

Im vorliegenden Fall ergibt die Ultraschalluntersuchung eine Hydozele am rechten Hoden. Einfache Zysten, die von den Nebenhoden ausgehen, können leicht abgegrenzt werden.

Aufgrund der Kombination aus iliakaler Lymphknotenschwellung und Hydrozele bei normalen Hoden wird die Verdachtsdiagnose „Lymphom" gestellt.

Lymphome sind maligne Erkrankungen der Lymphknoten. Die meisten Lymphome werden in zwei Gruppen geteilt, die Hodgkin-Lymphome und die Non-Hodgkin-Lymphome. Werden sie in frühen Stadien entdeckt, ist die Prognose nach einem bestimmten Chemotherapieplan sehr gut.

Der Patient soll von dorsal biopsiert werden und wird für die CT-Untersuchung auf dem Bauch liegend in den Computertomographen geschoben. Zur Lymphknotenpunktion wird eine feine Nadel mit besonderer Biopsievorrichtung verwendet. Um nicht versehentlich die Vena cava inferior oder die Aorta zu treffen, wird von links biopsiert, da sich die Vena cava inferior auf der rechten Seite befindet und die betroffenen Lymphknoten paraaortal liegen. Die Haut wird am lateralen Rand des Musculus quadratus lumborum mit einem Lokalanästhetikum betäubt, dann wird die Biopsienadel in einem Winkel von ungefährt 45° durch den Musculus quadratus lumborum in den Retroperitonealraum vorgeschoben, sodass sie genau an den paraaortalen Lymphknoten der linken Seite zu liegen kommt. Da dieses Verfahren unter Röntgendurchleuchtungskontrolle durchgeführt wird, kann der Untersucher die Nadel langsam vorschieben, ohne dass andere retroperitoneal liegende Strukturen getroffen und verletzt werden.

Auf diese Weise lässt sich eine brauchbare Biopsie gewinnen, anhand deren ein Hodgkin-Lymphom diagnostiziert wird. Der Patient wird anschließend mit einem speziellen Chemotherapieschema behandelt, befindet sich nach zwei Jahren in kompletter Remission und nimmt wieder aktiv am Leben teil.

Fall 5

Leistenhernie

Ein 35-jähriger Mann stellt sich mit einer weichen, ungefähr 3 cm großen Schwellung im rechten Skrotum vor. Es wird eine rechtsseitige indirekte Leistenhernie diagnostiziert.

Welche Untersuchungsbefunde ergeben sich?

Die tastbare Schwellung ist gut von den Hoden abgrenzbar, und eine durchgeführte Diaphanoskopie (Transilluminationstest), bei der das Skrotum von hinten mit einer hellen Lichtquelle durchleuchtet wird, ist im vorliegenden Fall negativ, d.h., die Schwellung ist im Gegensatz beispielsweise zu einer Hydrozele, die das Licht durchlassen würde (hier würde das Gewebe hell leuchten), nicht lichtdurchlässig. Darüber hinaus ergibt die Palpation des Anulus inguinalis superficialis ein positives „Hustenzeichen" (nach Aufforderung, zu husten, bewegt sich die Schwellung im Anulus inguinalis superficialis) – ein klarer Hinweis auf eine Leistenhernie.

Vom Skrotum kann die tastbare Struktur vorsichtig und sacht in den Leistenkanal reponiert werden; anschließend tritt sie aber wieder in das Skrotum zurück.

Eine indirekte Inguinalhernie gelangt durch den Anulus inguinalis profundus in den Canalis inguinalis, an dessen distalem Ende sie durch den Anulus inguinalis superficialis tritt. Der Bruchsack befindet sich oberhalb und medial vom Tuberculum pubicum und zieht innerhalb des Funiculus spermaticus in das Skrotum.

Eine direkte Leistenhernie verläuft nicht durch den Canalis inguinalis, sondern tritt direkt durch dessen Hinter-wand. Wenn sie groß genug ist, kann sie durch den Anulus inguinalis superficialis bis in das Skrotum gelangen.

365

366

Fall 6

Harnstein

Ein 25-jähriger Mann hat plötzlich starke Schmerzen im rechten Unterbauch. Die Schmerzen sind diffus und relativ konstant, nehmen aber von Zeit zu Zeit etwas ab. Auf direkte Befragung gibt der Patient an, dass sich der Schmerz in der Leistenregion befindet und von dort in die linke Regio infrascapularis und in die Lende ausstrahlt. Ein durchgeführter Urintest zeigt eine Hämaturie an.

Es wird ein Harnleiterstein diagnostiziert. Die anfänglichen infraskapulären Schmerzen des Patienten, die später in die linke Leistengegend ausstrahlen, passen zum typischen Verlauf eines Uretersteins.

Der meist kolikartige Schmerz basiert auf einer umschriebenen Überdehnung des Ureters.

Der Urin wird mittels peristaltischer Wellen, die durch die Muskulatur des Ureters ausgelöst werden, vom Nieren-becken bis zur Harnblase transportiert. Gelangt ein Harnstein aus dem Nierenbecken in den Ureter, wird er bei entsprechender Größe meist an einer der vier Engstellen des Ureters eingeklemmt. Die über den Ureter verlaufenden Kontraktionswellen führen im Bereich des Steins zu einer Überdehnung der Ureterwand und lösen dadurch Schmerzempfindung aus. Da die Kontraktionen der Uretermuskulatur periodisch erfolgen, ist die Schmerz-symptomatik durch eine regelmäßige Zu- und Abnahme des Schmerzes gekennzeichnet. Diese Schmerzform nennt man kolikartigen Schmerz.

Der Schmerz wird im vorliegenden Fall übertragen.

Die viszeroafferenten (sensiblen) Nervenfasern des Ureters treten auf Höhe des 1. und 2. Lumbalsegments in das Rückenmark. Die Schmerzen werden daher in solche Hautareale projiziert, deren sensible Nervenfasern auf gleicher Höhe in das Rückenmark eintreten, wie beispiels-weise die Leistengegend.

Zur weiteren Diagnostik wird eine Computertomographie durchgeführt.

Normalerweise werden zur Lokalisation röntgenpositiver Steine (90% der renalen Steine sind röntgenpositiv) konventionelle Röntgenbilder angefertigt.

Ferner kommt der Ultraschall zum Einsatz. Uretersteine und Erweiterungen des harnableitenden Systems lassen sich mittels Sonographie in der Regel gut darstellen. Die meisten Steine hinterlassen einen sog. Schallschatten und können damit sicher diagnostiziert und l-okalisiert werden. Auch Tumoren können mittels Ultraschall gut beurteilt werden, allerdings liefert die Sonographie nur begrenzt Hinweise auf die Dignität (Gut- oder Bösartigkeit des Tumors).

Normalerweise wird ein intravenöses Urogramm durchgeführt, um die oberen Harnwege und die genaue Lokalisation des Steins zu beurteilen.

Nicht selten werden auch CT-Aufnahmen des Abdomens hinzugezogen. Die Aufnahmen geben nicht nur Informationen über die Nieren, Harnleiter und Harnblase, sondern sie zeigen auch die Stelle, an der sich der Stein befindet, sowie begleitende pathologische Veränderungen an.

Da sich die infraskapulären Schmerzen des Patienten rechts und hauptsächlich innerhalb des rechten unteren Abdomens befinden, kann eine Appendizitis differenzialdiagnostisch ausgeschlossen werden. Eine Computertomographie eignet sich dabei gut, um zwischen einer Appendizitis und einer Kolik im Bereich der ableitenden Harnwege zu unterscheiden.

366

367

Fall 7

Intraabdominaler Abszess

Eine 27-jährige Frau wird aufgrund einer Appendizitis auf einer chirurgischen Station aufgenommen. Bei der durchgeführten Appendektomie wird festgestellt, dass die Appendix bereits perforiert und Eiter in die Bauchhöhle gelangt ist. Die Appendix wird entfernt, der Stumpf zusammengenäht und das Abdomen mit warmer Kochsalzlösung gespült. Der Patientin geht es postoperativ gut, bis sie am siebten postoperativen Tag plötzlich Schmerzen im Bereich der rechten Schulter verspürt und Fieberschübe bekommt.

Bei der Patientin hat sich ein intraabdominaler Abszess gebildet.

Jede Operation an den Eingeweiden kann zur Kontaminierung des Peritoneums mit Fäzes und Darminhalt (beispielsweise Bakterien) führen; dies muss bei der Operation nicht zwangsläufig bemerkt werden.

Postoperativ entwickelt sich eine entzündliche Reaktion, woraufhin sich sekundär ein eitriger Abszess in der Bauchhöhle bildet, der typischerweise mit Schüttelfrost einhergeht.

Die häufigsten Abszesslokalisationen sind dabei das Becken und der Recessus hepatorenalis.

Bei aufrechter Körperhaltung des Patienten sind die tiefsten Punkte der Bauch- und Beckenhöhle der hintere obere Anteil der Cavitas peritonealis, der Recessus hepatorenalis sowie bei Frauen die Excavatio rectouterina (Douglas-Raum) und bei Männern die Excavatio recto-vesicalis.

Der Schmerz in der Schulterregion weist im vorliegenden Fall darauf hin, dass sich der Abszess im Recessus hepatorenalis befindet.

Die motorische und sensible Innervation des Zwerchfells erfolgt über die Spinalnerven C3 bis C5. Der viszerale Schmerz aus dem Bereich des Peritoneum parietale, das die Unterseite des Zwerchfells bedeckt, wird über den Nervus phrenicus (C3 bis C4) zum Rückenmark geleitet, vom Gehirn aber als Schmerz aus dem Hautbereich der Schulter interpretiert, da die sensiblen Nerven aus diesem Bereich auf gleicher Höhe in das Rückenmark eintreten wie die Nervi phrenici.

Daher verspürt die Patientin den übertragenen Schmerz.

Eine Röntgenaufnahme des Thorax zeigt einen Zwerchfellhochstand auf der rechten Seite.

Dieser Hochstand wird durch den Eiter hervorgerufen, der sich vom Recessus hepatorenalis an der lateralen und ventralen Seite der Leber ausgebreitet hat und in subphrenischer Position an der Leberoberfläche befindet. Eine durchgeführte Ultraschalluntersuchung verdeutlicht die Ansammlung von Pus (Eiter), da man die Abszesshöhle gut sehen kann, wenn man den Ultraschallkopf zwischen 11. und 12. Rippe platziert. Der Unterrand des rechten unteren Leberlappens befindet sich auf Höhe der 10. Rippe in der Medioaxillarlinie. Wird der Ultraschallkopf zwischen 11. und 12. Rippe platziert, gelangen die Ultraschallstrahlen zwischen den Interkostalmuskeln und der parietalen Pleura entlang der lateralen Brustwand durch die Pleura parietalis, die das Zwerchfell bedeckt, bis zur Abszesshöhle, die unter dem Zwerchfell sichtbar wird.

Anstelle eines interkostalen Abflussweges wird bei der Patientin unter Durchleuchtungskontrolle und Lokalanästhesie ein subkostaler Drain gelegt und 1 l Eiter abgeleitet (Abb. 4.155). Es muss beachtet werden, dass bei dem Drainageweg durch die Brusthöhle in die Bauchhöhle intraabdomineller Eiter in die Brusthöhle gelangen und dort ein Empyem (Eiter im Pleuraraum) hervorrufen kann. Zusätzlich wurde hochdosiert antibiotisch therapiert.

Die Patientin erholte sich langsam, aber ohne weitere Auffälligkeiten.

Abb. 4.155



Subphrenische Ansammlung von Pus und Luft. Axiale CT-Aufnahme.

367

368

Fall 8

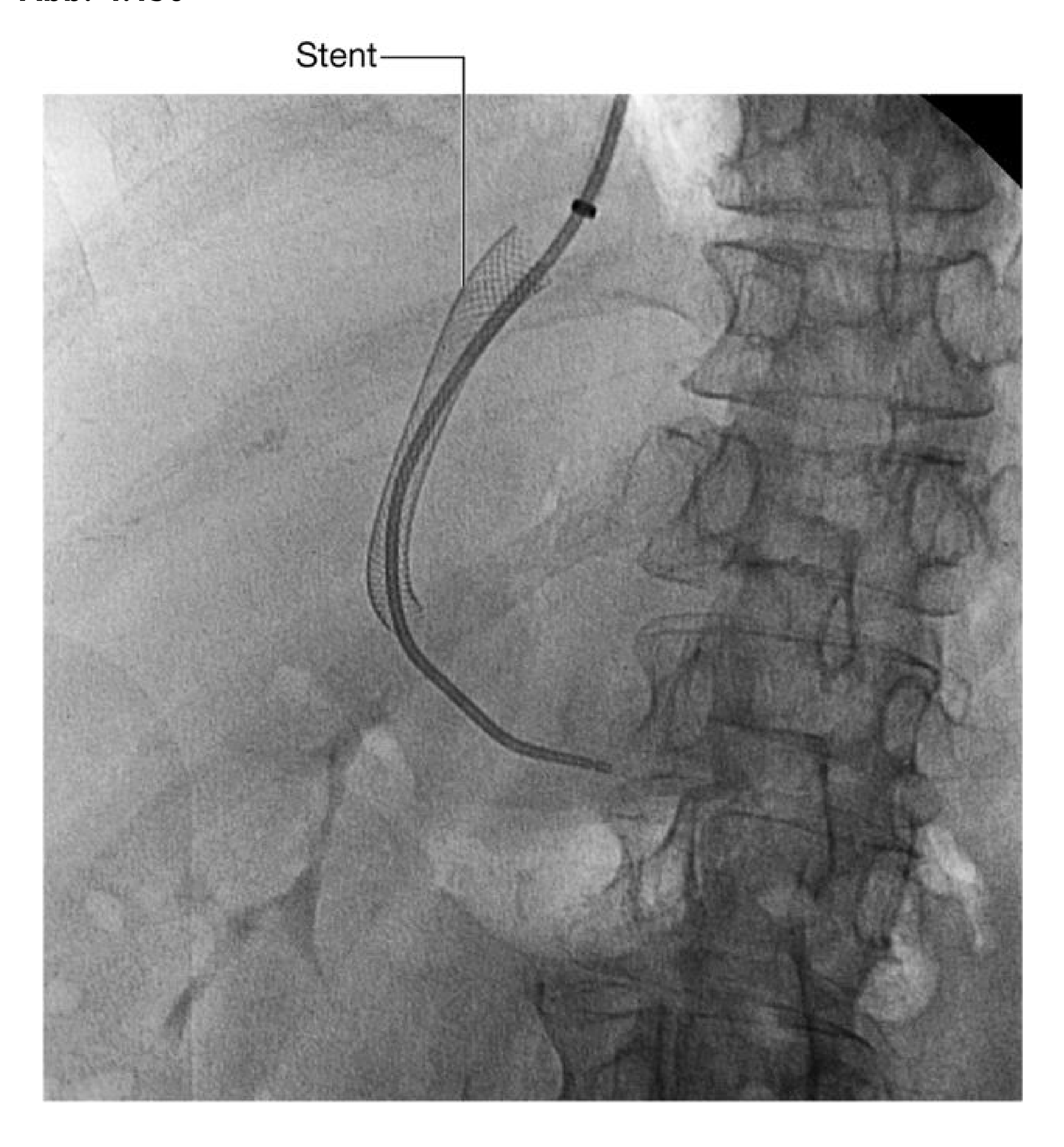
Komplikationen einer abdominoperinealen Resektion

Ein 45-jähriger Mann weist unmittelbar oberhalb des anorektalen Übergangs ein niedrigdifferenziertes Rektumkarzinom auf. Er unterzieht sich einer abdominoperinealen Tumorresektion. Aufgrund der Tumorlokalisation kann die Darmkontinuität nicht erhalten werden, und nach Kolostomie wird ein Anus praeter (künstlicher Darmausgang) angelegt. Im weiteren Verlauf wird der Mann von seiner Ehefrau aus verschiedenen Gründen verlassen. Einer der angegebenen Gründe ist ein nach der Operation eingetretener Libidoverlust. Der Mann wird danach zum Alkoholiker und entwickelt in den folgenden Jahren eine Leberzirrhose. Nun wird er mit schweren Blutungen aus Venen um den Anus praeter in die Notaufnahme gebracht. Im Rahmen einer Notoperation wird ein transjugulärer intrahepatischer portosystemischer Shunt gelegt, der zum Stop der Blutungen führt (Abb. 4.156 und 4.157). Inzwischen befindet sich der Patient in einem Rehabilitationsprogramm.

Wegen der tiefen Lage des Tumors ist eine Kolostomie notwendig.

Bösartige Tumoren des Kolons und des Rektums treten normalerweise bei älteren Menschen auf, doch auchjüngere Menschen können solche Tumoren entwickeln. Die meisten Tumoren entstehen aus gutartigen Polypen, die einer malignen Entartung unterliegen. Wenn der Tumor größer wird, dringt er durch die Darmwand und metastasiert in die lokalen Lymphknoten. Oberhalb und unterhalb seines Ursprungs kann sich der Tumor einige Zentimeter innerhalb der Wand erstrecken. Über die Lymphgefäße erfolgt eine Streuung zu den lokalen und regionären Lymphknoten und von dort zu den präaortalen Lymphknoten. Die weitere Ausbreitung erfolgt über den Ductus thoracicus.

Abb. 4.156



Lage des transjugulären intrahepatischen portokavalen Shunts. Röntgenaufnahme.

Bei der präoperativen Untersuchung des Patienten stellt sich der Tumor so nah am Rand des Anus dar, dass eine Resektion des Sphinkters unumgänglich ist, um sicherzustellen, dass der Tumor in toto entfernt werden kann. Ohne Schließmuskel kann der Resektionsstumpf des Darms nicht mit dem Anus verbunden werden, weil der Patient sonst an ständiger Stuhlinkontinenz leiden würde. Im Rahmen der Operation werden der Tumor, die lokoregionären Lymphknoten sowie das umgebende Fett- und Bindegewebe um das Rektum entfernt.

Abb. 4.157



Funktionierender transjugulärer intra-hepatischer portokavaler Shunt. Kontrastmitteldar-stellung der Vena portae.

368

Das freie Ende des Colon sigmoideum wird über einen Schnitt in der vorderen Bauchwand geführt und dort sorgfältig eingenäht, um mithilfe eines Beutels den Kot aufzufangen (Anus praeter – künstlicher Darmausgang).

Die meisten Patienten kommen mit einem Anus praeter sehr gut zurecht, insbesondere wenn sie von dem Tumor geheilt sind.

Durch die radikale operative Entfernung des Tumors im Becken werden die parasympathischen Nervi splanchnici pelvici, die auch Fasern für die Erektion des Penis führen, verletzt.

Leider ist dies dem Patienten nicht ausreichend erklärt worden und könnte zum Scheitern seiner Beziehung beigetragen haben.

Bei jeder Radikaloperation im Becken können die Nerven, die den Penis oder die Klitoris versorgen, verletzt werden und so zu Sexualstörungen führen.

Die Blutungen des Patienten kommen teilweise aus Varizen am gastroösophagealen Übergang.

Als der Patient alkoholabhängig wird, entwickelt sich eine Leberzirrhose, und die gesamte Leberarchitektur wird größtenteils zerstört. Dies hat einen erhöhten Blutdruck im Pfortadersystem (**portale Hypertonie**) zur Folge.

Bei Patienten mit portaler Hypertonie entstehen kleine Anastomosen zwischen den Venen des Pfortadersystems und den Venen des Körperkreislaufs (portokavale Anastomosen). Die Anastomosen bleiben normalerweise folgenlos, können aber aufgrund ihrer oberflächlichen Lage am gastroösophagealen Übergang leicht verletzt werden. Selbst bei kleinen Verletzungen kann es zu starken Blutungen kommen. Meist fließt das Blut zunächst in den Magen und wird hier durch die Salzsäure angegriffen. Dabei kommt es zum Herauslösen freier Eisenionen aus den zerstörten Erythrozyten. Die Eisenionen lösen bei Resorption Erbrechen aus, und es kommt zur Hämatemesis (Bluterbrechen). Der starke Blutverlust führt unbehandelt schließlich zum Tode. Die Varizen können beispielsweise durch die Injektion sklerosierender Substanzen, durch Drosselung der Blutzufuhr oder durch eine operative Ligatur behandelt werden. Glücklicherweise bleiben die meisten portokavalen Anastomosen relativ folgenlos. Bei Patienten mit Anus praeter können sich zwischen den Venen des Dickdarms (Pfortadersystem) und den Hautvenen der vorderen Bauchwand (Körperkreislauf) kleine Anastomosen bilden. Wenn sich diese Anastomosen aufgrund der portalen Hypertonie vergrößern, können sie bei der Stuhlpassage durch die Kolostomie verletzt werden und daraufhin stark bluten.

Um die portale Hypertonie zu senken, wird eine Shunt-operation durchgeführt. Zur Senkung des Drucks in der Pfortader gibt es verschiedene Möglichkeiten. Dazu gehört ein **portokavaler Shunt**, bei dem man die Pfortader mit der Vena cava inferior verbindet, oder ein **splenorenaler Shunt**, bei dem man die Vena splenica mit der Vena renalis verbindet. Diese Eingriffe erfordern allerdings einen großen abdominalen Zugang und sind in ihrer Auführung recht anspruchsvoll. Als Alternative entscheidet man sich bei dem Patienten, einen transjugulären intrahepatischen portokavalen Shunt zu legen.

Das Legen eines ***transjugulären intrahepatischen portokavalen Shunts*** *ist eine relativ moderne Technik, die unter Lokalanästhesie durchgeführt werden kann. Die Vena jugularis interna dextra dient als Zugangsweg. Dabei wird eine lange Nadel durch die Vena cava superior und den rechten Vorhof in die Vena cava inferior geschoben. Die Vena hepatica dextra wird kanüliert, und mit Spezialführungsdrähten wird die Nadel durch das Lebergewebe direkt in den rechten Ast der Pfortader eingebracht. Ein kleiner Ballon wird über den Draht durch das Lebergewebe geschoben und entfaltet. Nachdem der Ballon wieder entfernt ist, wird ein Metallstent (eine flexible aufdehnbare Drahtröhre) zum Offenhalten der Verbindung in der Leber entfaltet. Das Blut kann nun frei von der Pfortader in die Vena hepatica dextra fließen und bildet so einen portokavalen Shunt.*

Als Folge des Eingriffs sinkt der Druck im Pfortader-system des Patienten und gleicht nun dem des Körperkreislaufs, sodass die Blutungsgefahr im Bereich der portokavalen Anastomosen deutlich sinkt.

369

370

Fall 9

Pankreaskopfkarzinom

Eine 52-jährige Frau stellt sich bei ihrem Hausarzt aufgrund zunehmender Lethargie und häufigen Erbrechens vor. Der Arzt untersucht die Patientin und stellt im Vergleich zu früheren Untersuchungen fest, dass sie deutlich an Gewicht verloren hat. Ihre Hautfarbe ist gelblich, und bei der Untersuchung des Abdomens ist eine gut abgrenzbare, runde Vergrößerung von 10 cm unterhalb des Leberrandes im rechten Oberbauch tastbar (Abb. 4.158).

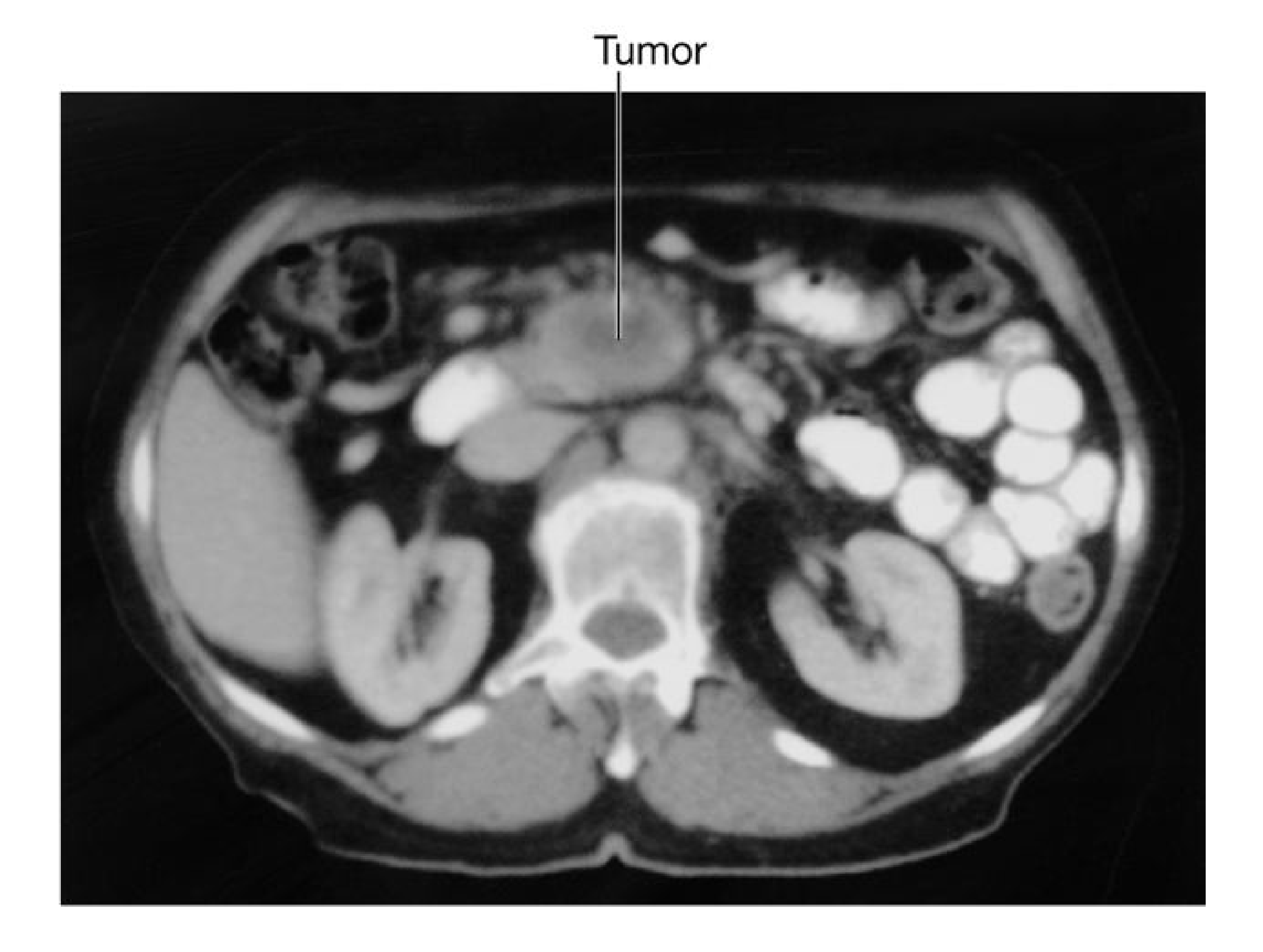
Klinisch wird ein Pankreaskopfkarzinom diagnostiziert.

Es ist schwer nachvollziehbar, wie eine so päzise Diagnose gestellt werden kann, obwohl klinisch nur drei Symptome beschrieben wurden.

Bei der Patientin befindet sich im unteren Abschnitt des Ductus choledochus eine Obstruktion.

Entwickelt ein Patient einen Ikterus, können die Gründe in einem exzessiven Zerfall der Erythrozyten (prähepatisch), in einer Leberfunktionsstörung (hepatisch) oder in einer posthepatischen Störung zu suchen

Abb. 4.158



Pankreaskopfkarzinom. Axiale CT-Aufnahme.

sein, wozu auch ein Verschluss der Gallenwege gehört.

Bei der Patientin wird unterhalb der Leber eine Vergrößerung im rechten Oberbauch getastet. Dabei handelt es sich um die Gallenblase.

Beim Gesunden ist die Gallenblase nicht tastbar. Eine vergrößerte Gallenblase ist ein Hinweis auf eine Verlegung entweder innerhalb des Ductus cysticus oder des Ductus choledochus unterhalb der Einmündung des Ductus cysticus.

Das Erbrechen der Patientin hängt mit der Lokalisation des Tumors zusammen.

Bei Patienten mit malignen Erkrankungen sind Erbrechen und Gewichtsverlust (Tumorkachexie) nicht selten. Der Pankreaskopf liegt im duodenalen C in direkter Nachbarschaft zur Pars descendens duodeni. Pankreaskopfkarzinome breiten sich sich schnell bis in das Duodenum aus und können das Darmlumen verlegen. Bei der Patientin ist dies der Fall, sodass ein nahezu kompletter Verschluss des Darmlumens vorliegt. Eine genaue Anamnese ergibt, dass die Patientin kurz nach den Mahlzeiten relativ unverdaute Nahrung erbricht.

Ein durchgeführtes CT deutet auf weitere Komplikationen hin (Abb. 4.158).

Im Bereich des Pankreaskopfes und halses befinden sich zahlreiche anatomische Strukturen, die in den malignen Prozess involviert werden können. Das CT bestätigt den Pankreaskopftumor, der in die Pars descendens duodeni eingewachsen ist. Der Tumor erstreckt sich bis in den Pankreashals und hat den distalen Abschnitt des Ductus choledochus und des Ductus pancreaticus verlegt. Dorsal ist der Tumor in den Zusammenfluss der Venae splenica und mesenterica superior eingewachsen und hat so zur Ausbildung von Varizen an Magen, Milz und Dünndarm geführt.

Die Patientin erhält eine palliative Chemotherapie, verstirbt aber sieben Monate später.

370

371

10 kurze Fragen

1.

F: **Ein junger Mann unterzieht sich einer Lymphknotendissektion im Retroperitonealraum und Entfernung eines Hodenkarzinoms. Die Eröffnung des Abdomens erfolgt entlang dem unteren Rippenbogen an der Medioklavikularlinie und zieht sich bis nach dorsal zur Medioaxillarlinie sowie entlang dem lateralen Teil des Abdomens bis zum Beckenrand. Zwei Jahre später ist der Patient vollkommen genesen, allerdings ist sein rechter Musculus rectus abdominis atrophiert. Warum?**

A: Die Innervation des Musculus rectus abdominis erfolgt über die Rami anteriores der unteren fünf Nervi intercostales und über die Nervi subcostales. Der Rippenbogenrandschnitt durchtrennt die Äste der Nervi intercostales; der Schnitt entlang dem rechten lateralen Abschnitt des Abdomens durchtrennt die Nervi subcostales. Aus diesem Grund ist es zu einer Unterbrechung der multisegmentalen Innervation des Musculus rectus abdominis gekommen, der somit denerviert wurde. Die muskulöse Atrophie führt zu einer Asymmetrie der vorderen Bauchwand.

2.

F: **Warum kann eine Röntgen-Thoraxaufnahme bei der Beurteilung intraperitonealer Gasansammlungen nützlich sein?**

A: Eine Röntgen-Thoraxaufnahme ist bei der Untersuchung eines Patienten mit Schmerzen im Abdominalbereich unverzichtbar. Schmerzen im Oberbauch können in einigen Fällen mit Erkrankungen der Lunge oder der Pleura im Zusammenhang stehen. Der Patient wird in eine aufrechte Lage gebracht. Jegliche freie Luft steigt innerhalb der Bauchhöhle bis zum höchsten Punkt auf; dabei strömt sie meist entlang der Leberoberfläche bis zum Zwerchfell. Eine Röntgen-Thoraxaufnahme veranschaulicht den deutlichen Kontrast zwischen Luft und Weichteilgewebe. Freies Gas ist somit ab einer Menge von 5 ml darstellbar.

3.

F: **Ein Patient wird an einem Aneurysma der Aorta abdominalis operiert, bei dem die Vena renalis sinistra von der Vena cava inferior getrennt werden muss. Warum übersteht die Niere das?**

A: Der überwiegende Teil des venösen Abflusses nimmt den Weg des geringsten Widerstandes. Die Vena renalis sinistra ist deutlich länger als die Vena renalis dextra und hat zahlreiche Zuflüsse, zu denen die Vena suprarenalis, die Vena testicularis, die erste Vena lumbalis sowie Äste gehören, die mit der Vena azygos anastomosieren. Aufgrund der vielen Zuflüsse kommt es durch die Unterbindung zwischen Vena cava inferior und Vena renalis sinistra zur Ausbildung alternativer Abflüsse über die zuführenden Venen, die entweder in die Vena cava inferior oder über das Azygos-System in die Vena cava superior münden.

4.

F: **Ein plastischer Chirurg entscheidet sich, den Musculus rectus abdominis zu präparieren und für eine Muskellappenplastik des Kinns eines Patienten zu verwenden, der im Rahmen eines Unfalls Haut und Muskulatur am Kinn verloren hat. Wie erfolgt die Blutversorgung des Musculus rectus abdominis, und wo kann der Chirurg den Ursprung dieser Gefäße finden?**

A: Die Blutversorgung des Musculus rectus abdominis erfolgt über die Arteriae epigastricae superior und inferior. Die Arteria epigastrica superior ist ein Ast der Arteria thoracica interna, die sich ventral auf Höhe der 6. Rippe in die Arteria musculophrenica und in die Arteria epigastrica superior aufteilt. Die Arteria epigastrica inferior entspringt als Ast aus der Arteria iliaca externa. Sie tritt oberhalb der Fascia transversalis und knapp unterhalb der Linea arcuata in die Rektusscheide ein. An dieser Stelle ist sie meist aufgrund der Anastomosenbildung mit Gefäßen der unteren Extremität erkennbar.

371

372

5.

F: **Ein dreijähriger Junge wird aufgrund einer 1 cm großen Schwellung in der rechten Leistengegend vorgestellt. Der Tastbefund zeigt, dass es sich um einen Hoden handelt. Warum?**

A: Ein leeres rechtes Skrotum bestätigt die Verdachtsdiagnose „Leistenhoden“. Bei Hoden-retentionen befinden sich die Hoden innerhalb der Beckenhöhle oder häufiger in der Leiste. Die Tubuli seminiferi können sich bei unvollständig abgestiegenen Hoden aufgrund der zu hohen intraabdominellen Temperatur in der Pubertät nicht entwickeln; es kommt meist zur Infertilität. Außerdem entarten solche Hoden leicht. Gelegentlich ist das Gubernaculum testis nicht mit dem Skrotum verwachsen, sondern gelangt in das Perineum oder den Oberschenkel. Da die Testes am Gubernaculum testis kaudalwärts wandern, sind sie entlang dem Verlauf des Guber-naculums auffindbar.

6.

F: **Um den Pfortaderdruck zu senken, bildet ein Chirurg Anastomosen zwischen der Vena portae und der Vena cava inferior. Beschreiben Sie die anatomische Grundlage dieses Eingriffs**.

A: Die Vena cava inferior und die Vena portae liegen einander benachbart. Der Eingriff ist relativ unkompliziert und ohne nennenswerte Gefäßumlagerungen durchführbar.

7.

F: **Ein junger Mann wird mit einem Messer in den Bauch gestochen. Bei der laparoskopischen Untersuchung zeigt sich eine starke Verletzung der Leber, aus der es stark blutet. Wie würden Sie aufgrund Ihrer anatomischen Kenntnisse den Blutfluss durch einen simplen Pinzettenhandgriff stoppen?**

A: Der Eingriff wird Pringle-Maneuver genannt. Der Chirurg steckt seinen Zeigefinger durch das Foramen omentale und seinen Daumen über den vorderen Anteil des Ligamentum hepatoduodenale. Zwischen seinen Fingern liegt nun das Ligamentum hepatoduodenale, in dem sich Vena portae, Arteria hepatica propria und Ductus choledochus befinden. Drückt man die Strukturen zusammen, wird der Blutfluss zur Leber gestoppt. Nun kann die Leberverletzung unter Sicht behandelt werden.

8.

F: **Eine 25-jährige Frau stellt sich mit einer akuten Appendizitis vor. Warum verschlimmert sich der abdominale Schmerz bei Streckung und Außenrotation des Beins?**

A: Eine Appendizitis reizt den Musculus psoas major. Ungefähr 75% aller Appendizes liegen retrozäkal in unmittelbarer Nachbarschaft zum Musculus psoas major. Streckung oder Außenrotation des rechten Beins führt zu aktiven und passiven Bewegungen des Musculus psoas und damit zu Reizungen und Schmerzen in der Appendix.

9.

F: **Ein 70-jähriger Mann wird aufgrund starker Bauchschmerzen in die Notaufnahme gebracht. Ein Assistenzarzt fertigt ein intravenöses Urogramm an, das zwar keinen Stein, dafür aber einen deutlich nach lateral abweichenden Harnleiter darstellt. Welches Organ könnte bei Vergrößerung den linken Harnleiter lateralwärts drängen?**

A: Da der linke Harnleiter retroperitoneal liegt, könnte jede Struktur innerhalb des Retroperitonealraums, die sich medial vom Ureter befindet, diesen verdrängen. Am wahrscheinlichsten ist im vorliegenden Fall ein Aortenaneurysma. Bei dem Patienten war es allerdings bereits zu einer Ruptur des Aneurysmas gekommen. Somit hat die retroperitoneale Blutung den Harnleiter verdrängt und die Schmerzen verursacht.

10.

F: **Bei einer 50-jährigen Patientin wird ein CT angefertigt. Das CT zeigt eine Struktur, die die Vena cava inferior von dorsal eindrückt, die Niere nach kaudal wölbt und an die Unterseite der Leber grenzt. In welchem Organ befindet sich der Tumor wahrscheinlich?**

A: In der Nebenniere.

5 Becken (Pelvis) und Regio perinealis

Übersicht

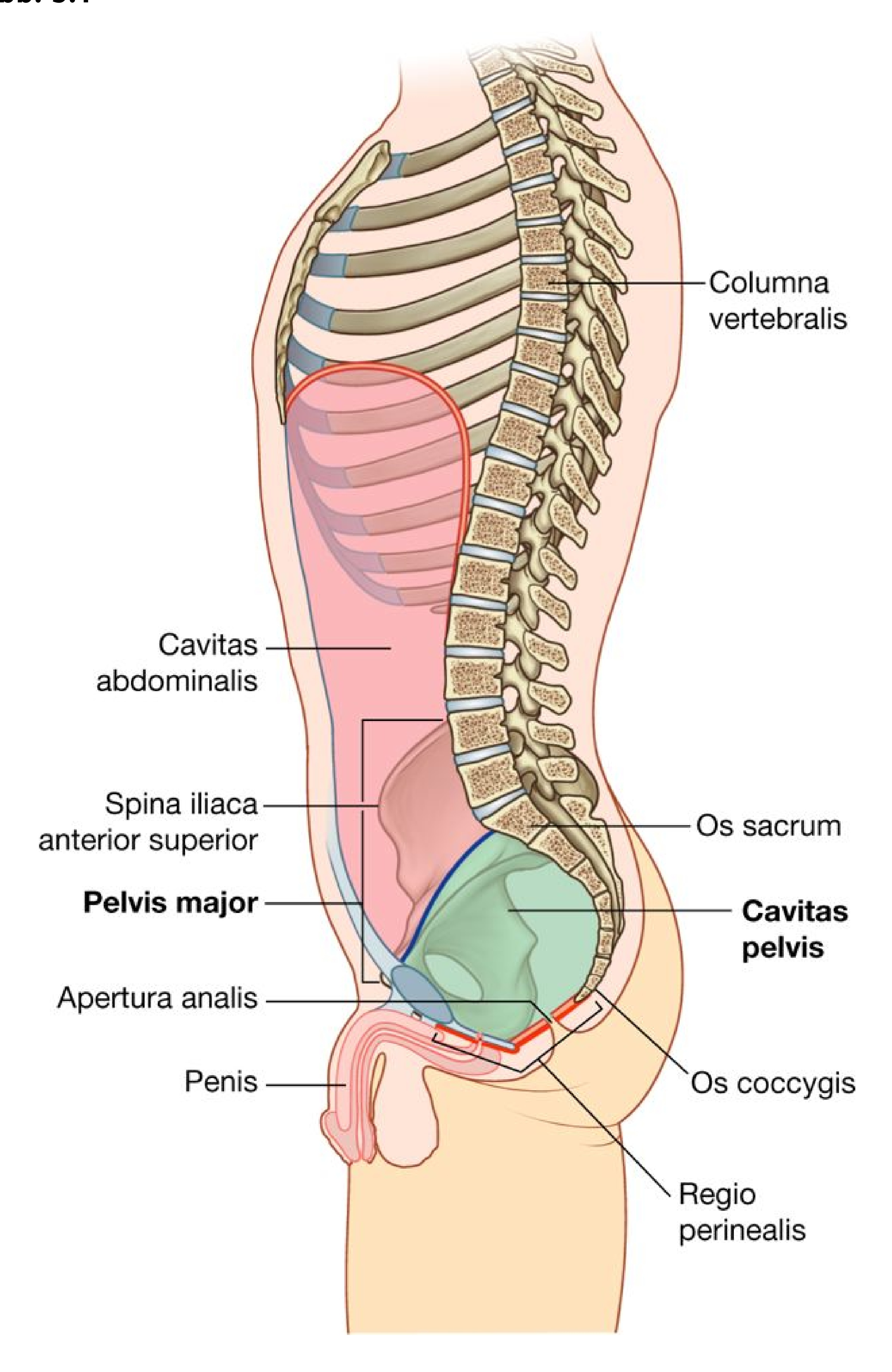
ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Das Becken (Pelvis) und die Dammregion (Regio perinealis) sind miteinander in Beziehung stehende Bereiche, die mit dem Beckenring und den unteren Abschnitten der Wirbelsäule assoziiert sind. Das Becken wird in zwei Regionen unterteilt:

- Die obere Region ist das **große Becken (Pelvis major)**. Es ist Teil des Abdomens.
- Das **kleine Becken (Pelvis minor)** steht mit dem knöchernen Beckenring aus Ossa coxae (Hüftbeinen), Os sacrum (Kreuzbein) und Os coccygis (Steißbein) in Verbindung und besitzt einen Ein- und einen Ausgang.

Die schüsselförmige **Beckenhöhle (Cavitas pelvis)** besteht aus dem Beckeneingang und dem Beckenboden und wird durch das kleine Becken abgeschlossen. Sie geht nach oben in die Bauchhöhle über und enthält Anteile des Urogenital- und des Gastrointestinaltrakts.

Abb. 5.1



Becken und Regio perinealis.

Die Regio perinealis (Abb. 5.1) liegt unterhalb des Beckenbodens; ihre Grenzen bilden den **Beckenausgang**. In der Regio perinealis liegen die äußeren Geschlechtsorgane und die äußeren Öffnungen des Urogenital-und des Gastrointestinaltrakts.

FUNKTIONEN

Inhalt und Lage von Harnblase, Rektum, Analkanal und Reproduktionstrakt

Die Harnblase liegt in der vorderen und das Rektum in der hinteren Medianebene des Beckens.

Die gefüllte Harnblase reicht nach kranial bis in das Abdomen. Sie wird durch angrenzende Anteile des knöchernen Beckens und des Beckenbodens gestützt. Die Urethra verläuft durch den Beckenboden zur Regio perinealis. Sie mündet bei der Frau nach außen (Abb. 5.2A); beim Mann tritt sie in die Basis des Penis ein (Abb. 5.2B).

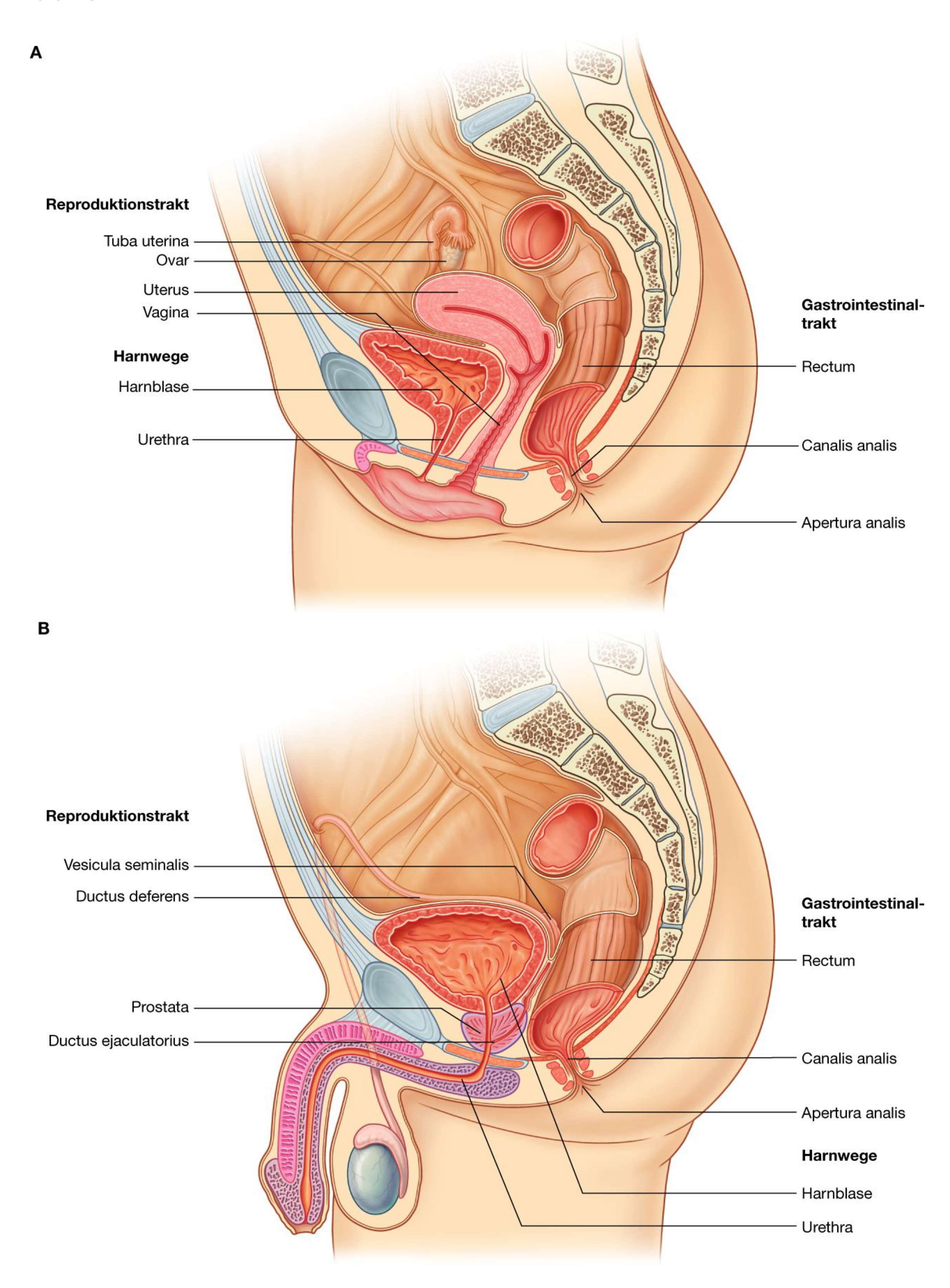
Das Rektum geht auf Höhe des 3. Sakralwirbels aus dem Colon sigmoideum hervor. Der kaudale Anteil, der Analkanal (Canalis analis), tritt durch das Diaphragma pelvis und endet mit einer Öffnung, der Apertura analis, in der Regio perinealis. Beim Durchtritt durch das Diaphragma pelvis biegt der Canalis analis nach hinten um (Flexura anorectalis [perinealis]). Die Flexura perinealis wird durch die Beckenbodenmuskulatur aufrechterhalten und nur während der Defäkation entspannt. Aufgrund der Passage durch das Diaphragma pelvis besitzen Urethra und Canalis analis jeweils einen quergestreiften Schließmuskel.

Die Beckenhöhle enthält bei der Frau den größten und beim Mann einen Teil des Reproduktionssystems:

- Bei der Frau tritt die Vagina (Scheide) durch das Diaphragma pelvis und hat in der Beckenhöhle Anschluss an den Uterus (Gebärmutter). Der Uterus liegt zwischen Rektum und Harnblase. Seitlich des Uterus befinden sich die beiden Eileiter (Tubae uterinae), die in Richtung Beckenwand ziehen und sich nahe den Ovarien (Eierstöcke) öffnen.
- Beim Mann befindet sich der Schnittpunkt zwischen Harn- und Geschlechtsorganen in der Beckenhöhle. Außerdem enthält die Beckenhöhle große, zum Reproduktionssystem gehörende Drüsen: die Prostata (Vorsteherdrüse) und die zwei Vesiculae seminales (Samenbläschen).

374

Abb. 5.2



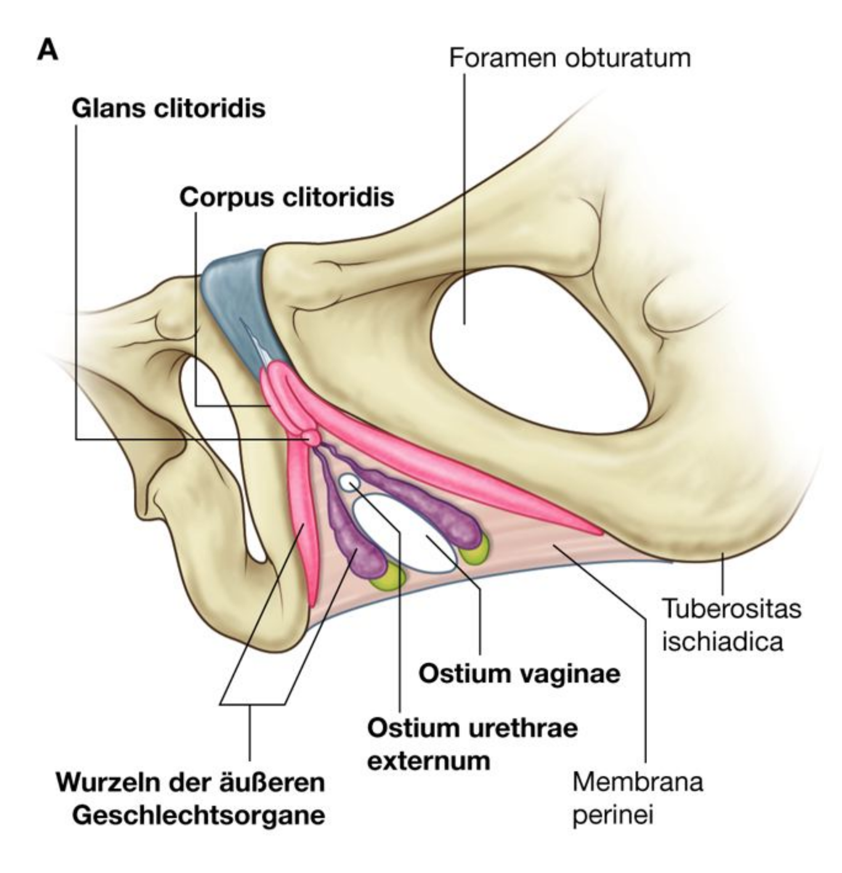
Pelvis und Regio perinealis beherbergen und schützen die Endabschnitte des Gastrointestinal- und Urogenitaltrakts.**A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

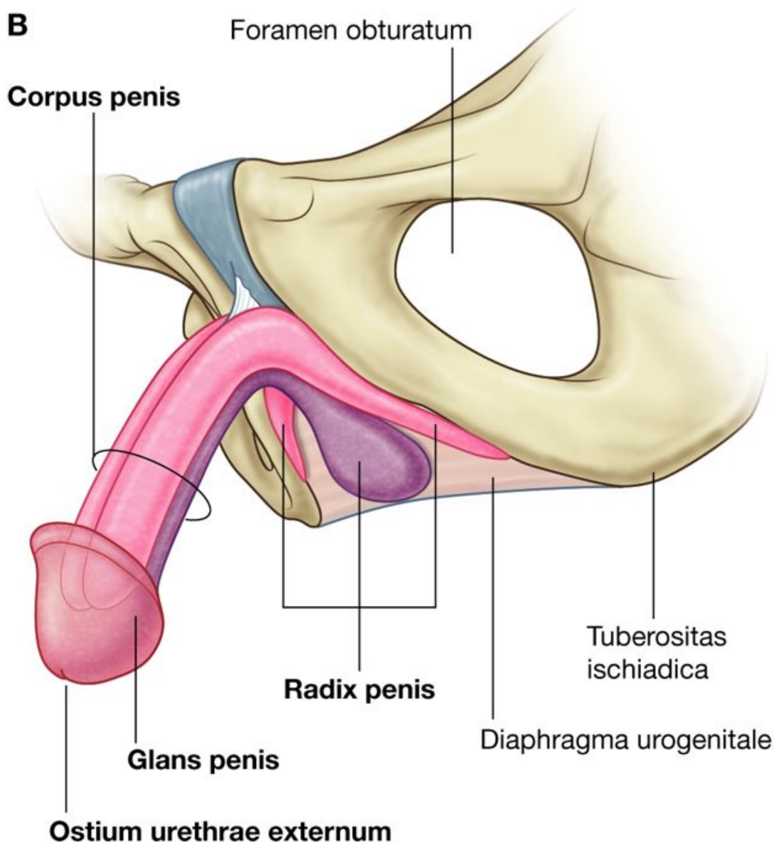
Befestigung der äußeren Geschlechtsorgane

Bei beiden Geschlechtern sind die äußeren Geschlechtsorgane (Klitoris und Penis) fest verankert an

- dem knöchernen Rand der vorderen Hälfte des Beckenausgangs und
- dem Diaphragma urogenitale, welches das Gebiet ausfüllt (Abb. 5.3).

Abb. 5.3





Die Regio perinealis enthält und verankert die Wurzeln der äußeren Geschlechtsorgane. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Die Ansätze der äußeren Geschlechtsorgane bestehen aus Schwellkörpergewebe und quergestreifter Muskulatur.

BESTANDTEILE

Beckeneingang

Der Beckeneingang ist herzförmig und komplett von Knochen umschlossen (Abb. 5.4). Dorsal wird der Eingang durch das Corpus des 1. Sakralwirbels (S1) begrenzt, das als **Promontorium** in den Beckeneingang vorspringt. Auf beiden Seiten des Wirbels bilden die flügelförmigen Querfortsätze **(Alae ossis sacri)** einen Teil des knöchernen Randes des Beckeneingangs. Seitlich setzt ein prominenter Rand des Hüftknochens die Begrenzung des Beckeneingangs bis zur Symphysis pubica (Symphyse) fort. Über die Symphysis pubica stehen die beiden Ossa coxae in der Mittellinie miteinander in Verbindung.

Durch den Beckeneingang verlaufen Strukturen zwischen Beckenhöhle und Abdomen.

Während der Geburt tritt der Fetus aus dem Abdomen, in das der Uterus während der Schwangerschaft größtenteils verlagert worden ist, durch den Beckeneingang und dann durch den Beckenausgang, um an die Außenwelt zu gelangen.

Beckenwand

Die Wände des kleinen Beckens bestehen überwiegend aus Knochen (Os sacrum, Os coccygis und untere Hälfte der Ossa coxae), Muskulatur und Bändern.

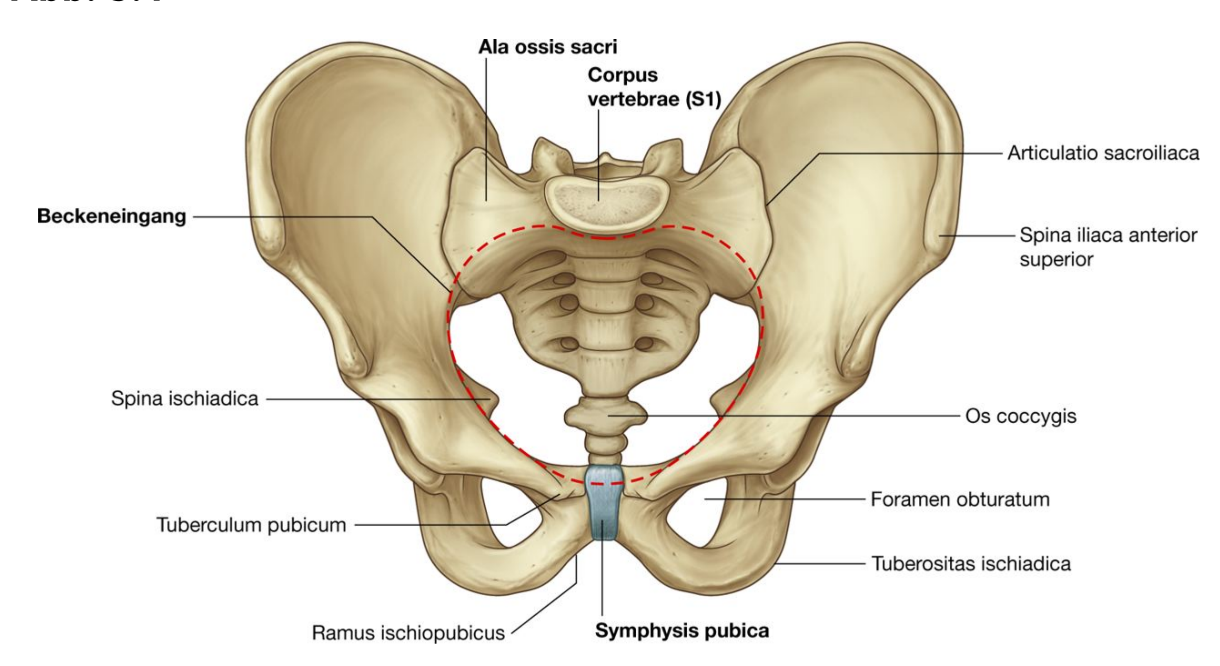
Zwei Bänder, das **Ligamentum sacrospinale** und das **Ligamentum sacrotuberale**, sind für die Architektur der Beckenwand von Bedeutung, da sie die Ossa coxae mit dem Os sacrum und dem Os coccygis verbinden (Abb. 5.5A). Außerdem werden zwei knöcherne Einkerbungen an den Ossa coxae, die **Incisura ischiadica major** und die **Incisura ischiadica minor**, durch die beiden Bänder in das **Foramen ischiadicum majus** und das **Foramen ischiadicum minus** auf beiden Seiten der Beckenwand umgewandelt.

Die Beckenwände werden durch den **Musculus obturatorius internus** und den **Musculus piriformis** (Abb. 5.5B) vervollständigt, die im Becken entspringen und durch die Foramina ischiadica zum Hüftgelenk ziehen.

Beckenausgang

Der diamantenförmige Beckenausgang wird von Knochen und Bändern gebildet (Abb. 5.6) und vorn in der Mittellinie von der Schambeinfuge (Symphysis pubica; Symphyse) begrenzt.

Abb. 5.4



Beckeneingang.

Auf beiden Seiten zieht der Unterrand des Hüftknochens von der Symphysis pubica nach dorsal und lateral, um mit dem vorspringenden **Tuber ischiadicum** (Sitzbeinhöcker) zu enden. Gemeinsam bilden die Strukturen den Arcus pubicus (Schambeinbogen), der den Rand der vorderen Hälfte des Beckenausgangs bildet. Das Ligamentum sacrotuberale setzt diesen Rand nach dorsal vom Tuber ischiadicum bis zu Os sacrum und Os coccygis fort. *Symphysis pubica, Tubercula ischiadica und Os coccygis sind tastbar*.

Beckenboden

Der Beckenboden trennt die Beckenhöhle von der Regio perinealis und besteht aus Muskulatur und Faszien (Abb. 5.7).

Auf beiden Seiten der Beckenwand ist jeweils ein **Musculus levator ani** befestigt, der sich in der Mittellinie mit der Gegenseite zur bindegewebigen Raphe perinei vereinigt. Gemeinsam sind die beiden Musculi levatores ani die größten Bestandteile des trichterförmigen **Diaphragma pelvis**, das dorsal noch durch den Musculus coccygeus ergänzt wird. Die Muskeln überlagern die Ligamenta sacrospinalia und verlaufen zwischen den Rändern des Os sacrum, des Os coccygis und einem Vorsprung des Hüftbeins, der **Spina ischiadica**.

Das Diaphragma pelvis macht den größten Anteil des Beckenbodens aus und besitzt in seinem vorderen Anteil eine U-förmige Öffnung, durch die Anteile des Urogenitaltrakts treten.

Der Analkanal (Canalis analis) zieht vom Becken zur Regio perinealis durch eine hintere kreisförmige Öffnung des Diaphragma pelvis.

Der Beckenboden wird vorn unterstützt durch:

- Diaphragma urogenitale
- Faszien, die das Diaphragma urogenitale oben und unten bedecken (Fasciae superior und inferior diaphragmatis urogenitalis).

Das **Diaphragma urogenitale** ist eine fibromuskuläre Platte, die den Raum zwischen den Ästen des Arcus pubicus ausfüllt und einen freien Hinterrand hat (Abb. 5.7). Der Recessus anterior der Fossa ischioanalis ist ein enger Bereich über dem Diaphragma urogenitale.

Die Ränder der U-förmigen Öffnung im Diaphragma pelvis gehen in die Wände der benachbarten Organe und in die Muskulatur des darunterliegenden Diaphragma urogenitale über.

Vagina und Urethra verlaufen von der Beckenhöhle durch den Beckenboden zur Regio perinealis.

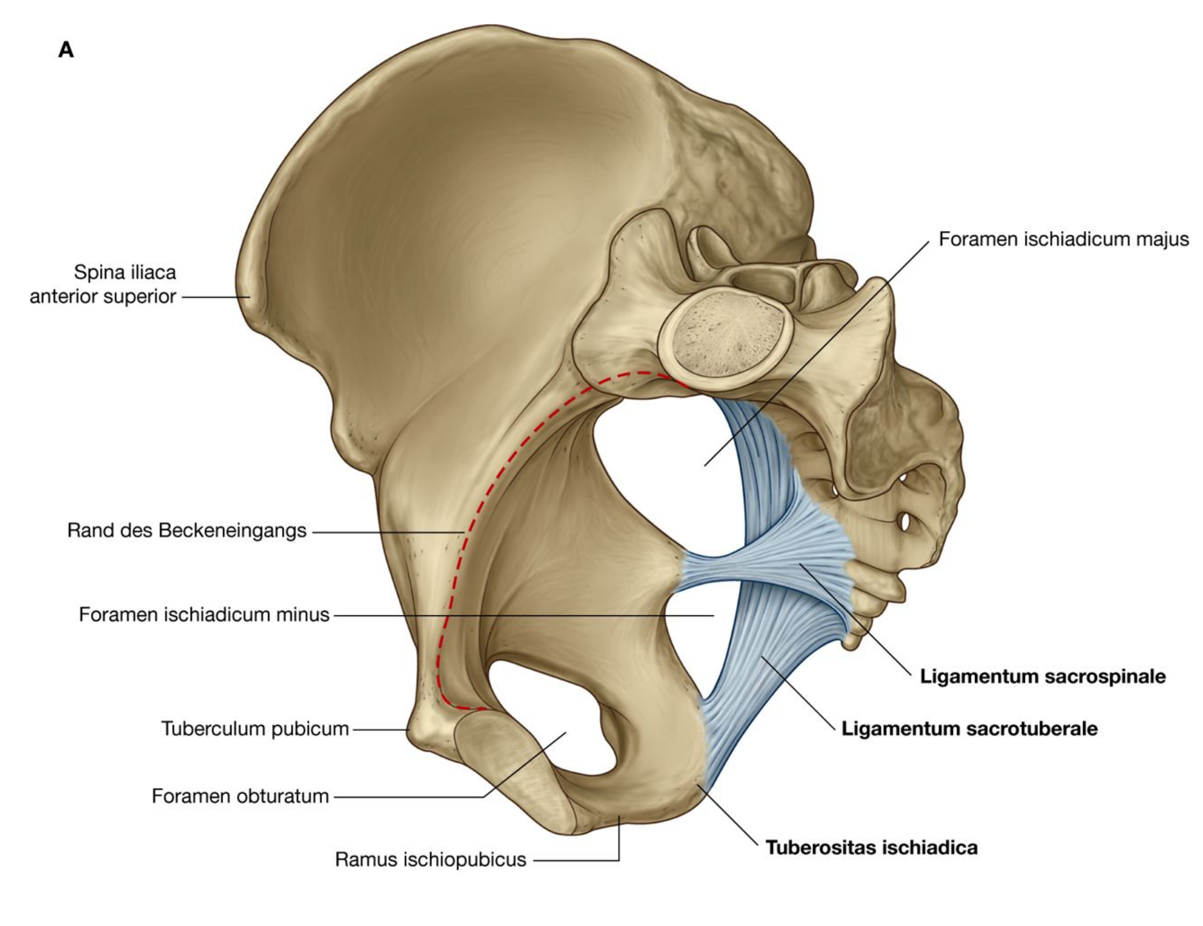
Beckenhöhle

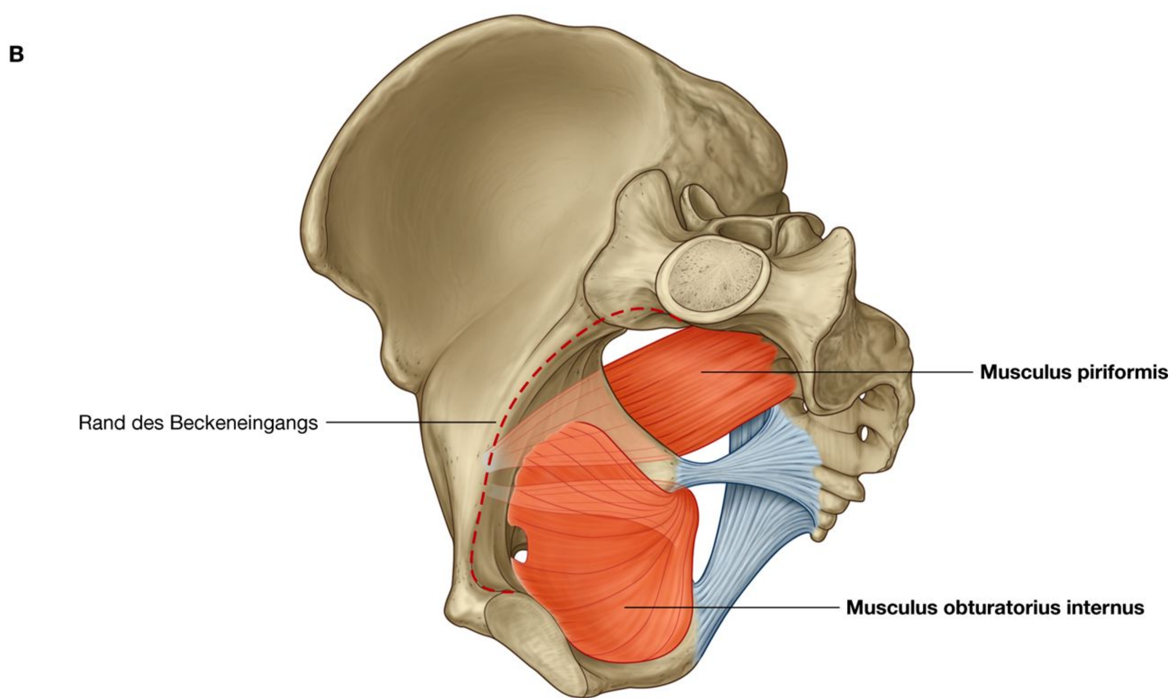
Das Peritoneum der Bauchhöhle reicht bis in die Beckenhöhle (Cavitas pelvis) und bedeckt dort die oberen Anteile der Beckeneingeweide, erreicht aber in den meisten Bereichen nicht den Beckenboden (Abb. 5.8A).

Die Beckeneingeweide befinden sich in der Mitte der Beckenhöhle. Die Harnblase liegt vorn, das Rektum hinten. Bei der Frau befindet sich zwischen Harnblase und Rektum der Uterus (Abb. 5.8B). Andere Strukturen, wie Gefäße und Nerven, liegen unterhalb des Peritoneums in Beziehung zu den Beckenwänden beidseits der Beckenorgane.

377

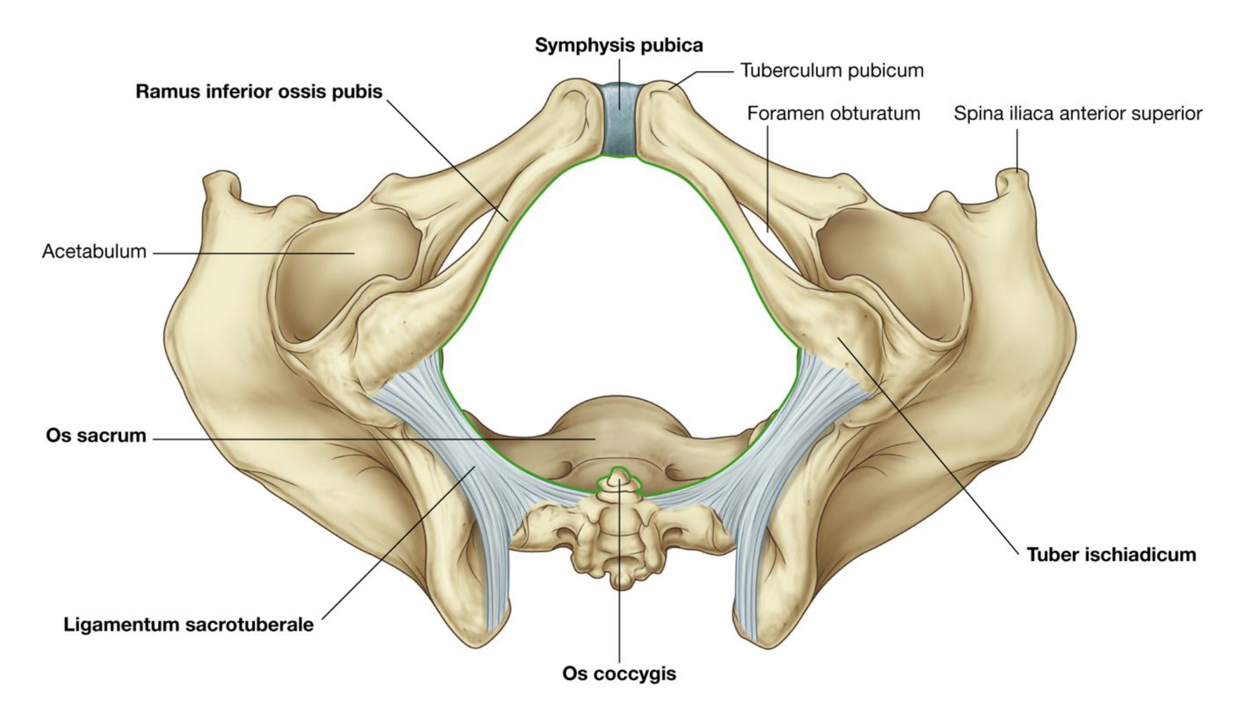
Abb. 5.5





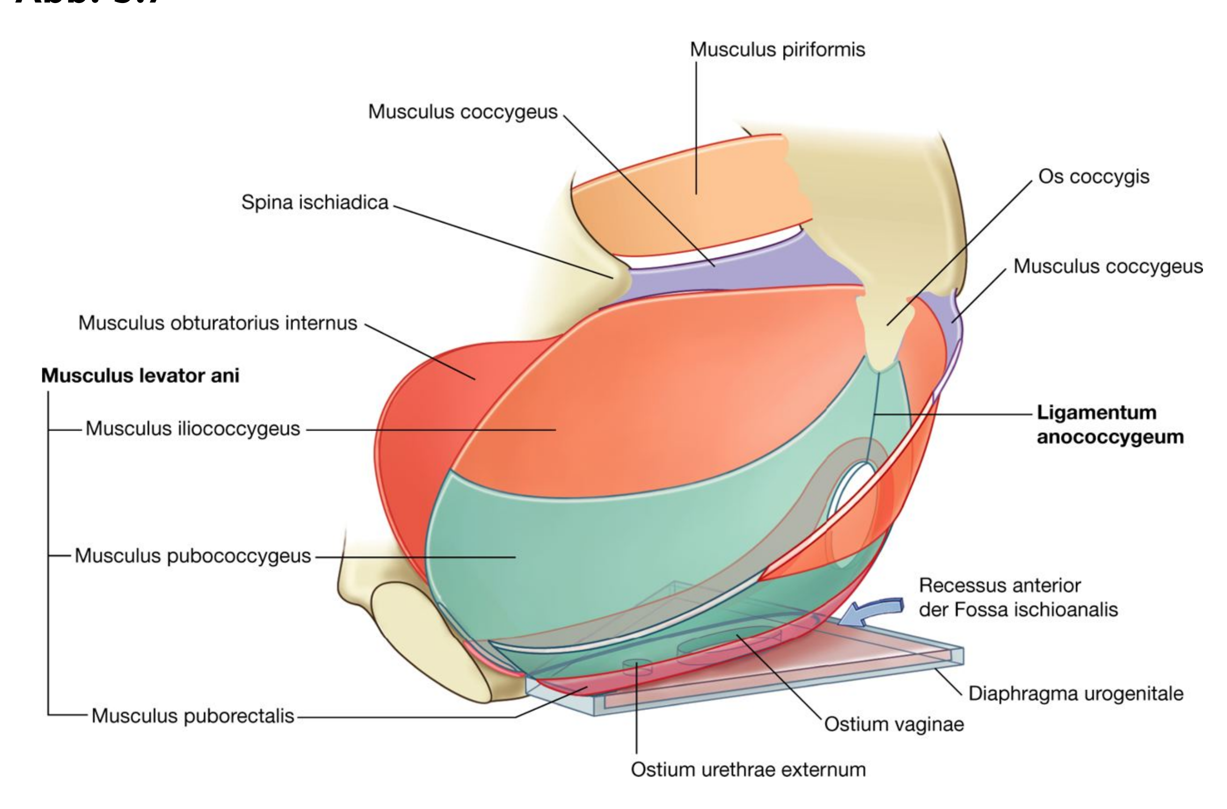
Beckenwand. **A**. Knochen und Bänder der Beckenwand. **B**. Muskeln der Beckenwand.

Abb. 5.6



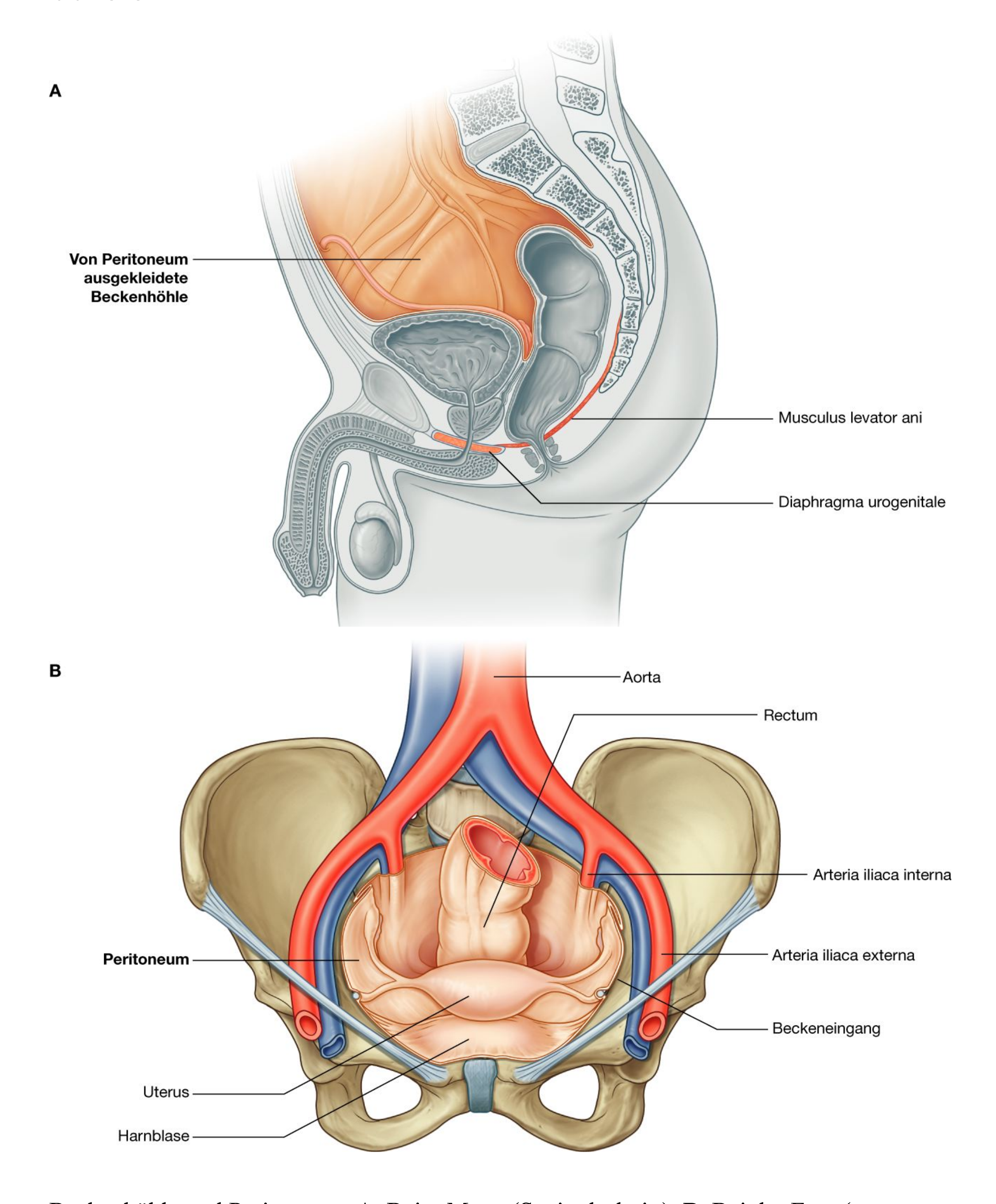
Beckenausgang.

Abb. 5.7



Beckenboden.

Abb. 5.8



Beckenhöhle und Peritoneum. **A**. Beim Mann (Sagittalschnitt). **B**. Bei der Frau (von ventral).

Regio perinealis

Die Dammregion (Regio perinealis) befindet sich unter dem Beckenboden zwischen den unteren Extremitäten (Abb. 5.9) und wird durch den Beckenausgang begrenzt. Eine imaginäre Linie zwischen den Tubera ischiadica teilt die Regio perinealis in zwei dreieckige Bereiche:

- Die vordere **Regio urogenitalis** enthält die Wurzeln der äußeren Geschlechtsorgane und bei der Frau die Öffnungen von Urethra und Vagina (Abb. 5.9A). Beim Mannwird der distale Anteil der Urethra von Schwellkörpergewebe umschlossen und mündet am Penisende auf der Eichel (Abb. 5.9B).
- Die hintere **Regio analis** enthält die Analöffnung (Apertura analis).

BEZIEHUNGEN ZU ANDEREN REGIONEN

Abdomen

Die Beckenhöhle geht am Beckeneingang in die Bauchhöhle über (Abb. 5.10A). Alle Strukturen, die zwischen Beckenhöhle und Abdomen verlaufen (große Gefäße, Nerven, Colon sigmoideum und die Ureteren), treten durch den Beckeneingang. Beim Mann verläuft auf jeder Seite der Samenleiter (Ductus deferens) durch die vordere Bauchwand und weiter durch den Beckeneingang in die Beckenhöhle. Bei der Frau verlaufen durch den Beckeneingang Gefäße und Nerven zu den Ovarien, die sich auf beiden Seiten unterhalb des Beckeneingangs befinden.

Untere Extremität

Drei Öffnungen in der Beckenwand stehen in Verbindung mit der unteren Extremität (Abb. 5.10A):

- Canalis obturatorius
- Foramen ischiadicum majus
- Foramen ischiadicum minus.

Im oberen Abschnitt des Foramen obturatum stellt der Canalis obturatorius, der durch die Membrana obturatoria, das Os pubis und Muskeln begrenzt wird, eine Verbindung zwischen Beckenhöhle und Adduktoren des Oberschenkels her.

Das Foramen ischiadicum minus liegt unterhalb des Beckenbodens und ermöglicht die Kommunikation zwischen Regio glutealis und Regio perinealis (Abb. 5.10B).

Die Beckenhöhle ist durch einen schmalen Spalt zwischen Symphysis pubica und Diaphragma urogenitale auch direkt mit der Regio perinealis verbunden (Abb. 5.10B).

BESONDERE MERKMALE

Die Beckenhöhle ist nach dorsal geneigt

Die Spinae iliacae anteriores superiores und die Oberkante der Symphysis pubica liegen in derselben Frontalebene (Abb. 5.11). Daher ist der Beckeneingang gegen die Horizontale um 50 – 60° nach vorn geneigt; die Beckenhöhle ist gegenüber der Bauchhöhle nach hinten geneigt.

Der urogenitale Teil des Beckenausgangs, der Arcus pubicus, ist annähernd horizontal ausgerichtet; der dorsale Anteil mehr vertikal. Die Regio urogenitalis zeigt deswegen nach unten, die Regio analis nach hinten.

Wichtige Strukturen kreuzen die Ureteren in der Beckenhöhle

Die Harnleiter (Ureteren) leiten den Harn aus der Niere ab. Sie verlaufen entlang der hinteren Bauchwand und gelangen durch den Beckeneingang in die Beckenhöhle. Hier liegen sie an der seitlichen Beckenwand und münden schließlich in den Blasengrund ein.

Bei der Frau wird der Ureter lateral der Cervix unteri durch die Arteria uterina überkreuzt (Abb. 5.12A); beim Mann wird der Ureter oberhalb der Blase vom Ductus deferens überkreuzt (Abb. 5.12B).

Die Prostata liegt vor dem Rektum

Beim Mann befindet sich unmittelbar vor dem Rektum die Prostata auf dem Beckenboden (Abb. 5.13). *Sie kann bei der digitalen rektalen Untersuchung palpiert werden.*

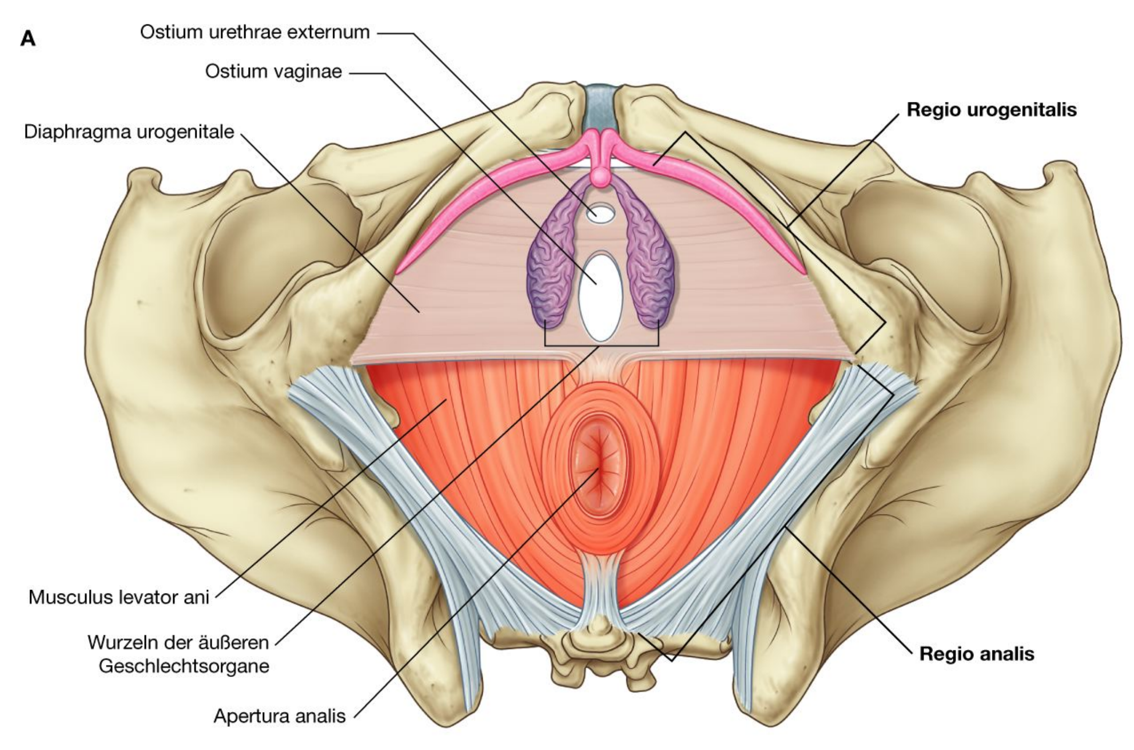
Bei beiden Geschlechtern können der Analkanal und das untere Rektum durch eine rektale Untersuchung beurteilt werden. Bei Frauen sind darüber hinaus Zervix und unterer Anteil des Corpus uteri tastbar. Die Strukturen lassen sich aber noch besser im Rahmen einer bimanuellen Untersuchung, bei der sich Zeige- und Mittelfinger der einen Hand in der Vagina und die andere Hand auf der unteren Bauchdecke befinden, beurteilen. Auf diese Weise kann man die Organe zwischen beiden Händen spüren. Auch die Ovarien und die Tuben können bimanuell so getastet werden.

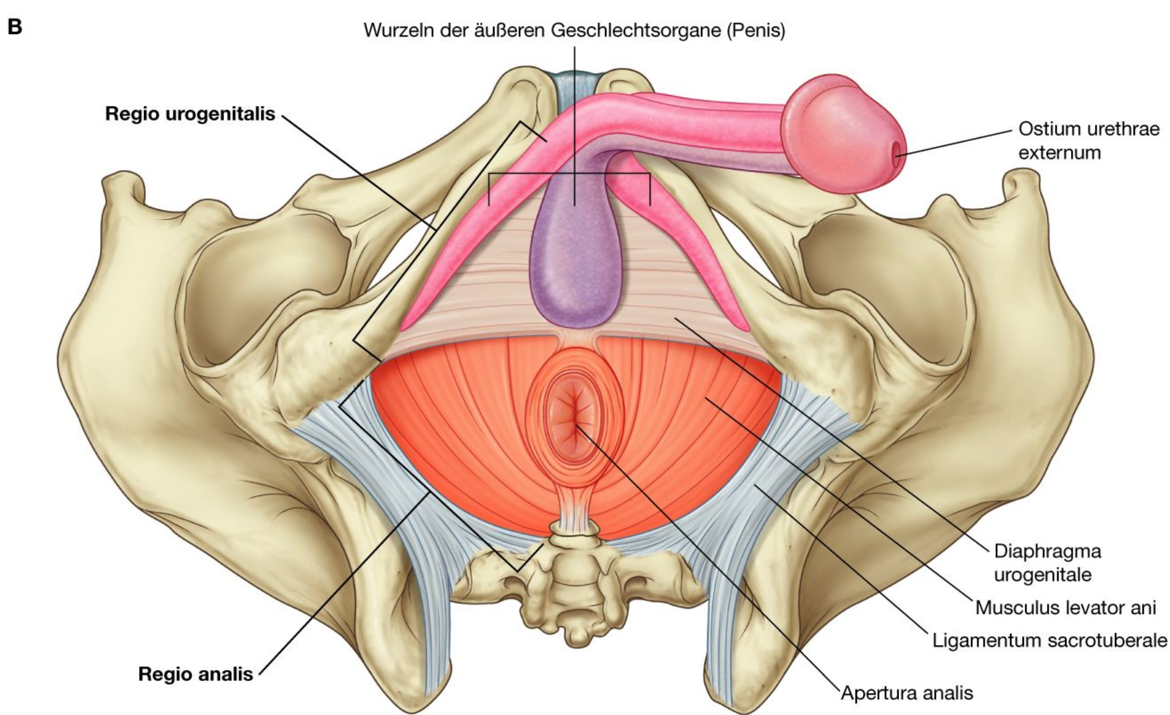
Die Regio perinealis wird über sakrale Rückenmarkssegmente innerviert

Sowohl beim Mann als auch bei der Frau wird die Regio perinealis sensibel von den Spinalsegmenten S3 bis S5 innerviert. Eine Ausnahme bildet die vordere Regio perinealis, die von Nerven der Bauchwand, die Fasern aus L1 enthalten, innerviert wird (Abb. 5.14). Die Dermatome von L2 bis S2 befinden sich vor allem in der unteren Extremität.

381

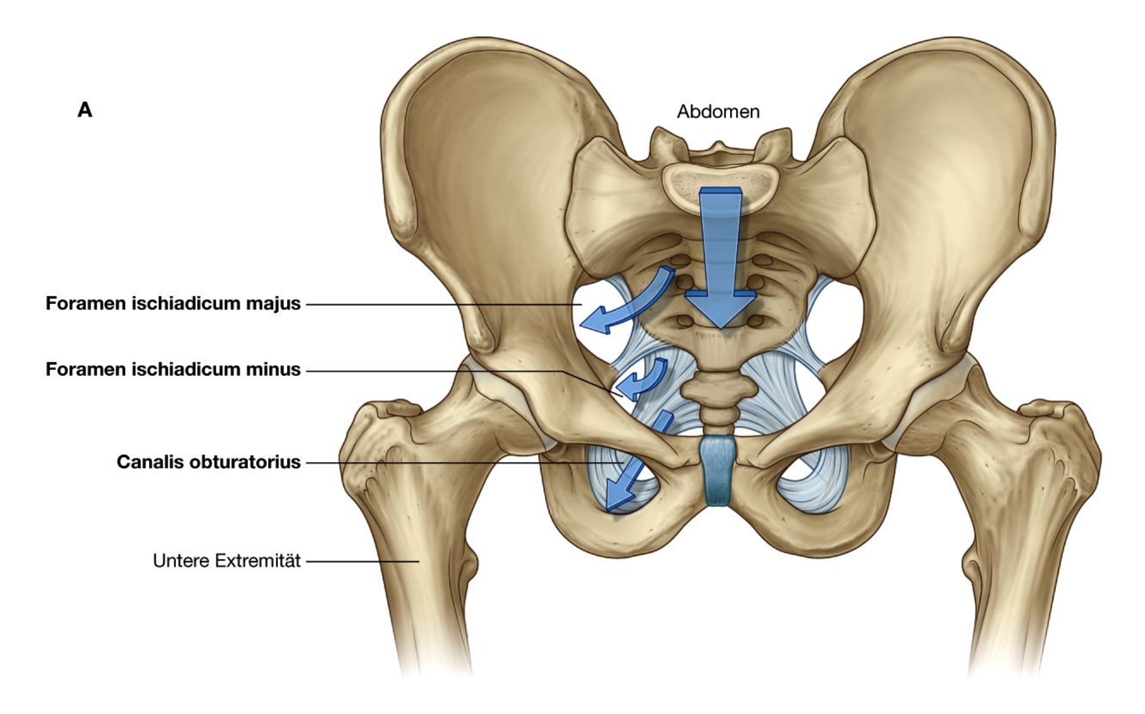
Abb. 5.9

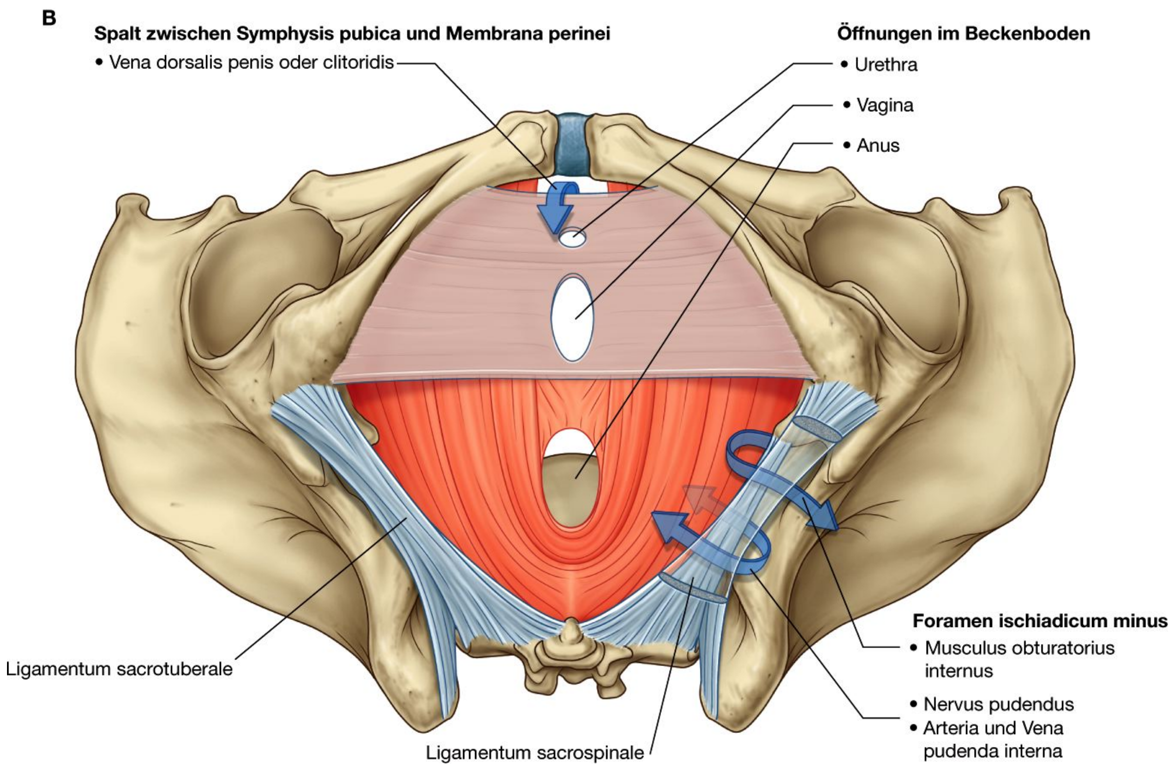




Regio perinealis. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

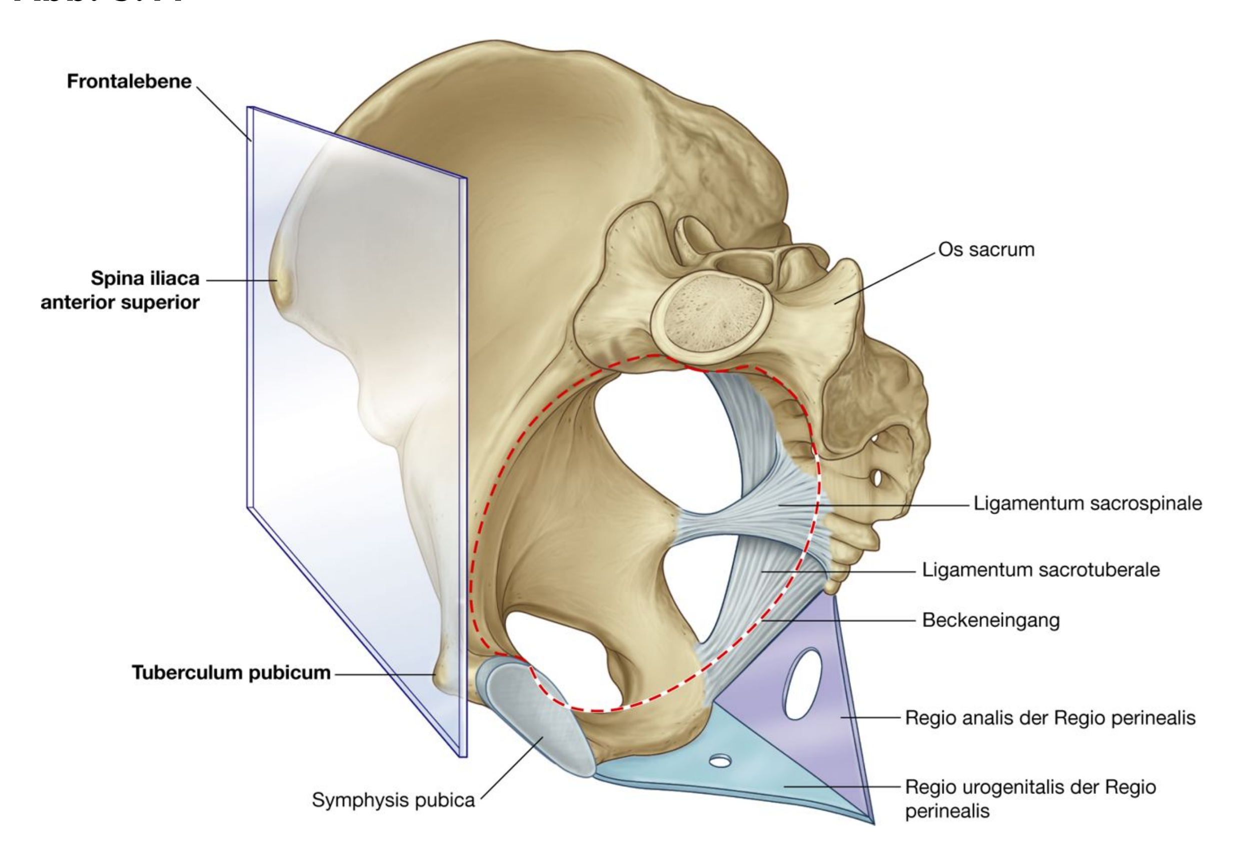
Abb. 5.10





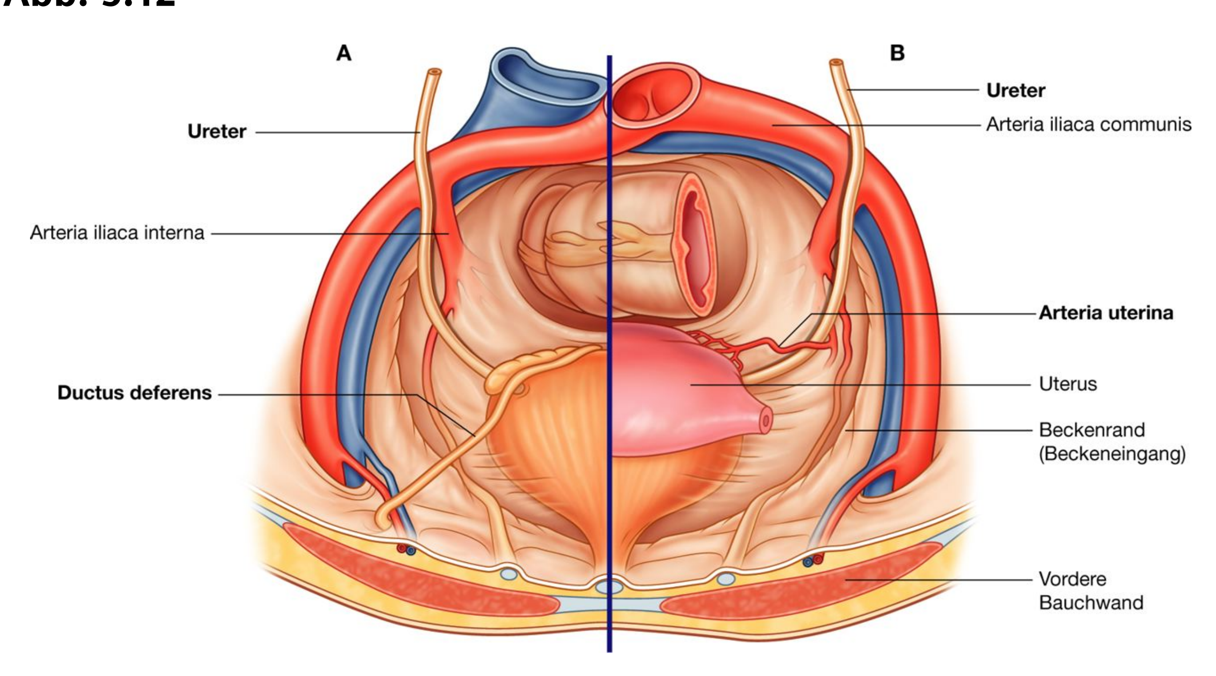
Kommunikationswege zwischen kleinem Becken und anderen Regionen. **A**. Zwischen Pelvis minor, Abdomen und unterer Extremität. **B**. Zwischen Regio perinealis und anderen Regionen.

Abb. 5.11



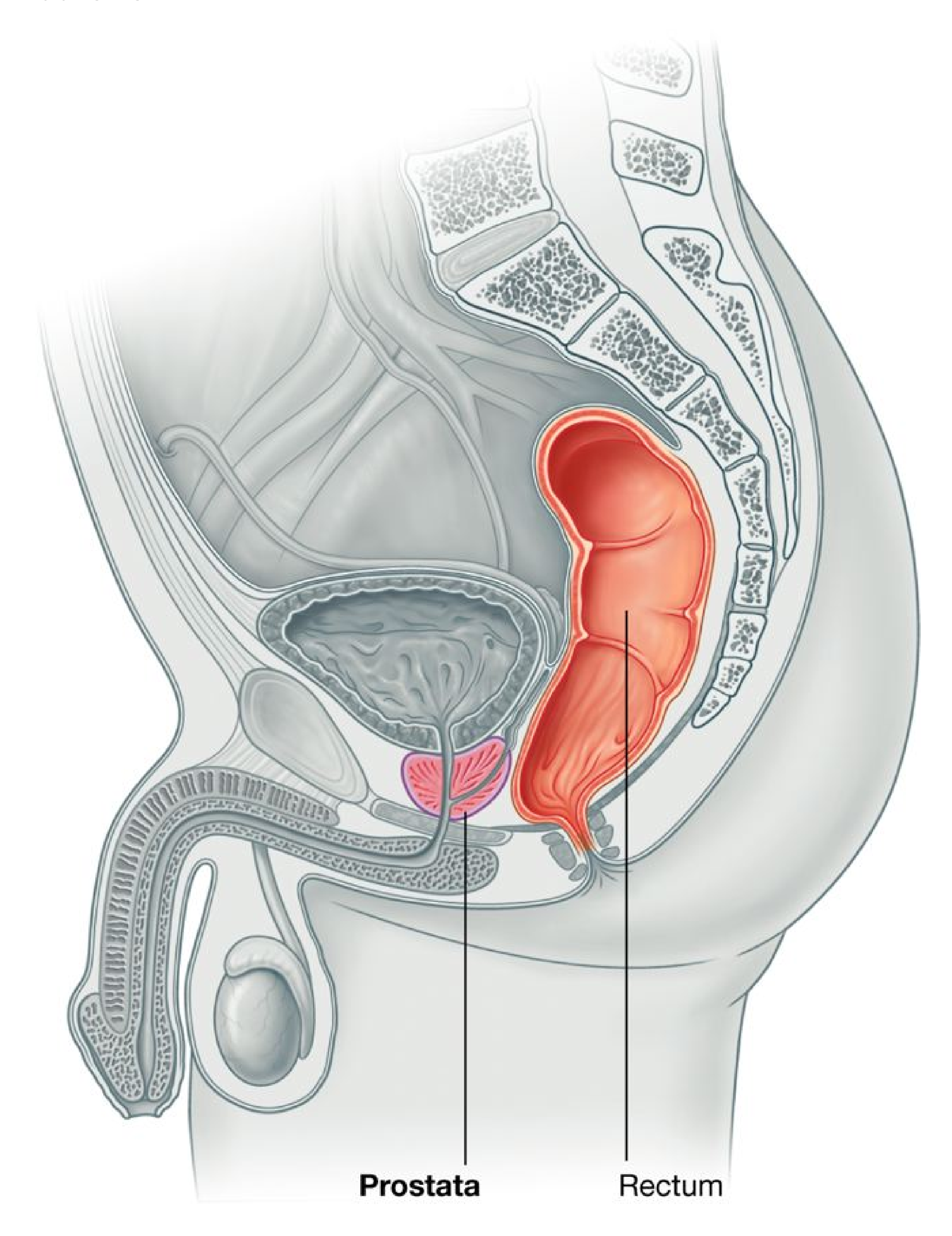
Anordnung von Becken und Beckenhöhle in der anatomischen Lage.

Abb. 5.12



Strukturen, die die Ureteren in der Beckenhöhle kreuzen. **A**. Beim Mann. **B**. Bei der Frau.

Abb. 5.13



Lage der Prostata.

Der größte Teil der Skelettmuskulatur, der zur Regio perinealis gehört und den Beckenboden einschließlich des äußeren Anal- und des äußeren Urethralsphinkters bildet, wird aus den Segmenten S2 bis S4 innerviert.

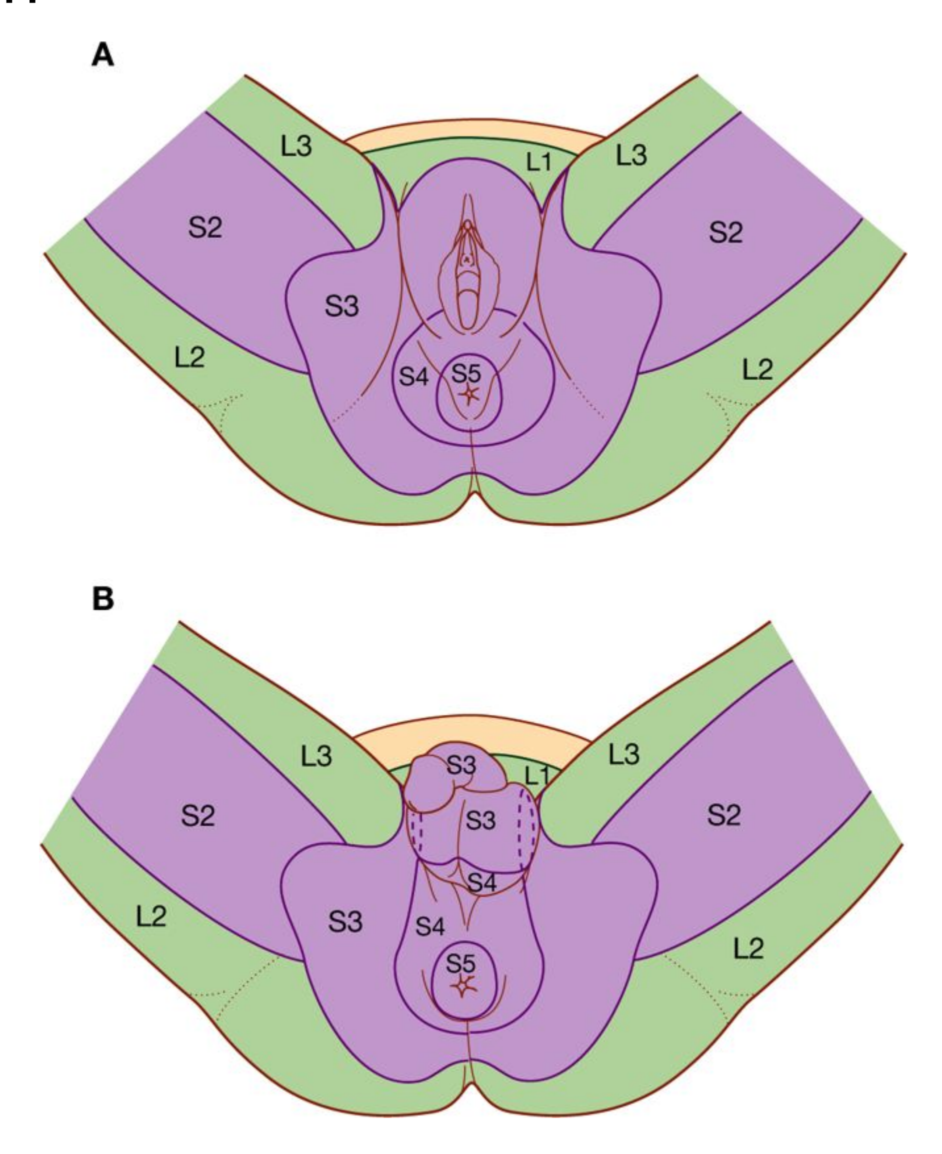
Der Nervus pudendus, der Nervenfasern der Segmente S2 bis S4 führt, innerviert große Anteile der Regio perinealis sensibel und motorisch.

Nerven, die mit Knochen assoziiert sind

Der Nervus pudendus ist der größte Nerv der Regio perinealis und direkt mit der Spina ischiadica des Beckens verbunden (Abb. 5.15). Auf beiden Körperseiten trennen die Spinae ischiadicae und die an ihnen befestigten Ligamenta sacrospinalia an der seitlichen Beckenwand das Foramen ischiadicum majus vom Foramen ischiadicum minus.

Der Nervus pudendus verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus und zieht anschließend unterhalb des Beckenbodens um die Spina ischiadica herum und durch das Foramen ischiadicum minus zur Regio perinealis. *Bei Frauen kann die Spina ischiadica transvaginal getastet werden. Sie ist der wichtigste Orientierungspunkt bei der Durchführung einer Pudendusblockade (Anästhesie des Nervus pudendus).*

Abb. 5.14



Dermatome der Regio perinealis. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Parasympathische Fasern der Rückenmarkssegmente S2 bis S4 kontrollieren die Erektion

Parasympathische Fasern der Rückenmarkssegmente S2 bis S4 kontrollieren beim Mann die Erektion (Abb. 5.16). Bei der Frau führen die Nervenfasern zu einer Füllung der Schwellkörper im Bereich der Schamlippen. Auf beiden Seiten verlassen präganglionäre parasympathische Nerven den Ramus anterior der sakralen Spinalnerven, um den **Plexus hypogastricus inferior** an der lateralen Beckenwand zu erreichen.

Die beiden Plexus hypogastrici inferiores sind die kaudale Fortsetzung des prävertebralen Plexus abdominalis, der sich an der dorsalen Bauchwand in enger Beziehung zur Aorta abdominalis befindet. Aus den Plexus hervorgehende Nervenfasern ziehen durch den Beckenboden und innervieren die Schwellgewebe der Klitoris bei der Frau und des Penis beim Mann.

385

386

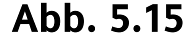


Abb. 5.15

Nervus pudendus.

Muskeln und Faszien des Beckenbodens und der Regio perinealis vereinigen sich im Centrum perinei

Strukturen des Beckenbodens und der Regio perinealis vereinigen sich im **Centrum (tendineum) perinei** (Abb. 5.17). Das Zentrum der Regio perinealis befindet sich etwa zwischen den beiden Tuberositates ischiadicae. In das Centrum perinei ziehen

- Musculi levatores ani des Diaphragma pelvis
- Muskeln der Regiones analis und urogenitalis einschließlich der quergestreiften Sphinkteren von Urethra, Vagina und Anus.

Das Geschlecht bestimmt den Verlauf der Urethra

Bei der Frau ist die Urethra (Harnröhre) kurz, verläuft kaudal der Harnblase durch den Beckenboden und mündet direkt in die Regio perinealis (Abb. 5.18A).

Beim Mann verläuft die Urethra durch die Prostata hindurch, zieht dann durch den Recessus anterior der Fossa ischioanalis des Diaphragma urogenitale in das Schwellkörpergewebe des Penis und mündet auf der Glans penis (Abb. 5.18B). Die männliche Urethra hat zwei Krümmungen:

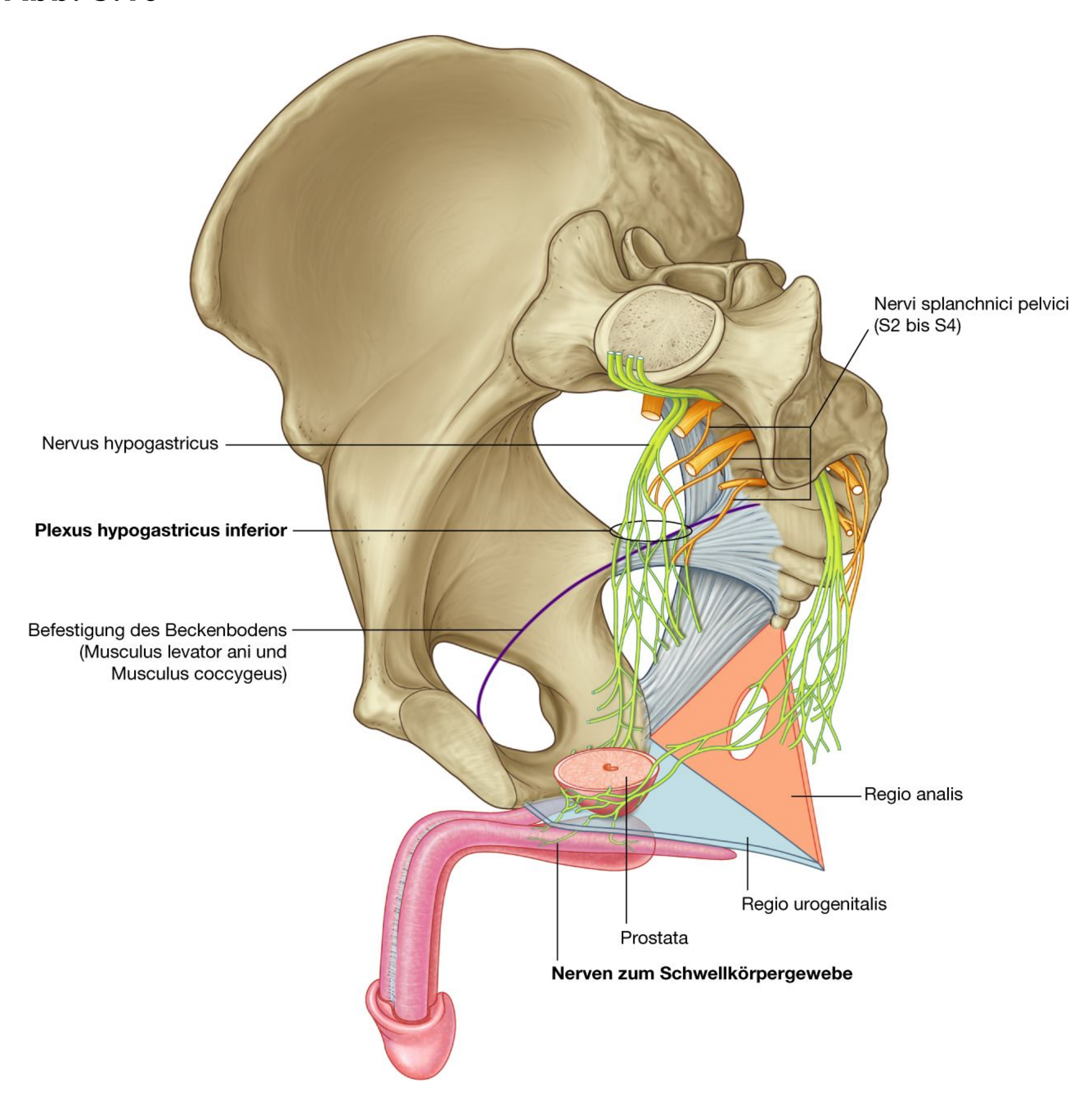
- Die bedeutendere ist eine starke Krümmung der Urethra nach ihrem Durchtritt durch das Diaphragma urogenitale. Hier biegt sie nach vorn in die Peniswurzel um.

386

387

- Die zweite Krümmung liegt weiter distal an der Stelle, an der der Penis aus dem Körper tritt und der Schwerkraft folgend nach unten umbiegt; im Rahmen der Erektion geht diese Krümmung verloren.

Abb. 5.16



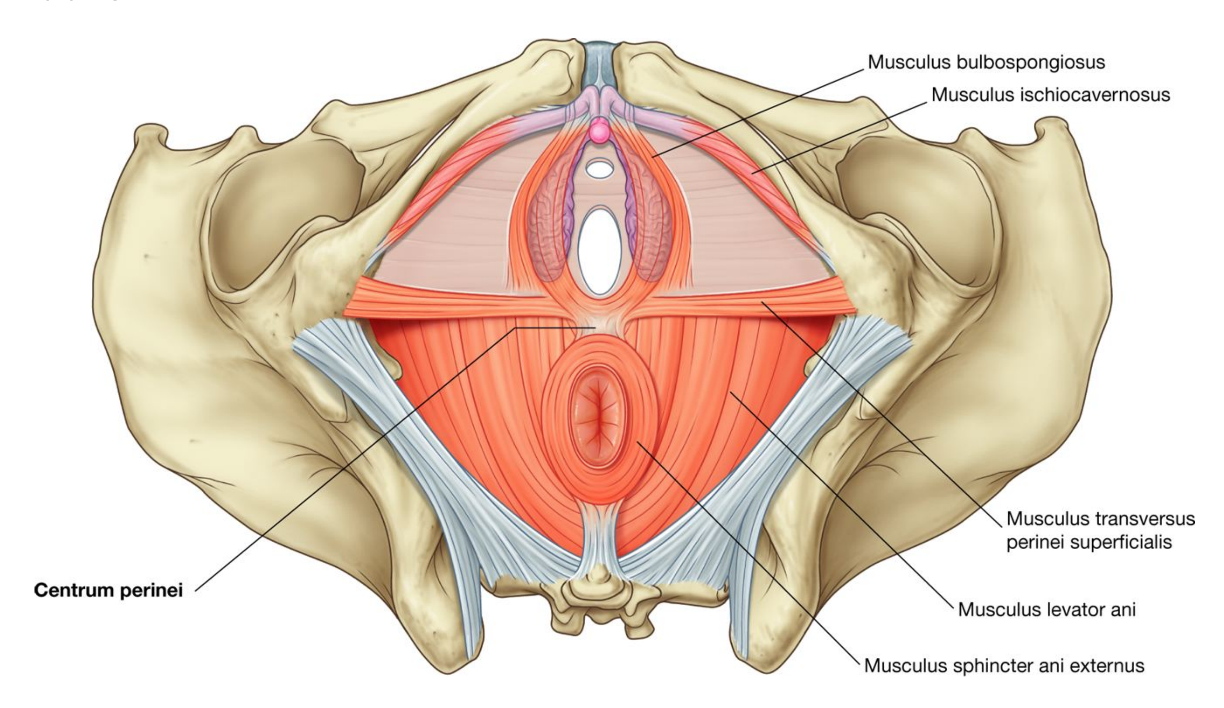
Nervi splanchnici pelvici der Rückenmarkssegmente S2 bis S4 kontrollieren die Erektion.

Beim Katheterisieren (Legen eines Urinkatheters) und bei der Beurteilung von Verletzungen im Damm- und Beckenbereich müssen die unterschiedlichen Verläufe von männlicher und weiblicher Urethra beachtet werden.

387

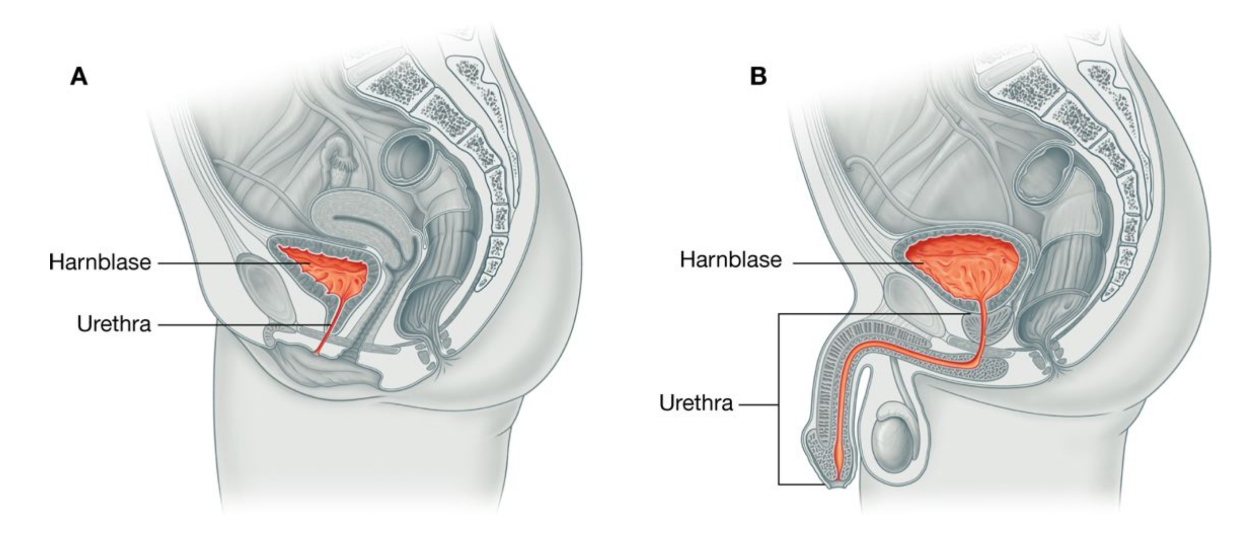
388

Abb. 5.17



Centrum perinei.

Abb. 5.18



Verlauf der Urethra. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

388
389

Topographie

Das Becken wird von den Beckenknochen und dem kaudalen Abschnitt der Wirbelsäule gebildet. Es wird in zwei Bereiche eingeteilt: Der obere Bereich ist das große Becken (Pelvis major), das Teil des Abdomens ist; der untere Bereich ist das kleine Becken (Pelvis minor), das die Beckenhöhle abschließt.

Die schüsselförmige Beckenhöhle geht kranial in die Bauchhöhle über. Der Rand der Beckenhöhle (der Beckeneingang) ist ganz von Knochen umschlossen. Der Beckenboden besteht aus Bindegewebe und Muskulatur und trennt die Beckenhöhle oben von der Regio perinealis unten.

Die Regio perinealis befindet sich unterhalb des Beckenbodens und wird durch den Beckenausgang begrenzt. Sie enthält:

- die äußeren Öffnungen des Urogenital- und des Gastrointestinaltrakts
- die Wurzeln der äußeren Geschlechtsorgane.

Klinik

Lokalisation der Arteria femoralis

Die Spina iliaca anterior superior und das Tuberculum pubicum sind beim Patienten tastbar. Zwischen den beiden Strukturen befindet sich das Ligamentum inguinale als Grenze zwischen Abdomen und unterer Extremität.

Die **Arteria femoralis** befindet sich zwischen Spina iliaca anterior superior und Tuberculum pubicum sowie unterhalb des Ligamentum inguinale. Durch ihre oberflächliche Lage ist der Puls gut palpierbar. Lateral der Arterie liegt der N. femoralis, medial die Vena femoralis.

Arteria femoralis zur Angiographie und zu endovaskulären Eingriffen

Zur Durchführung von Angiographien und endovaskulären Eingriffen im Abdominal- und Thorakalbereich können über die Femoral- und Iliakalarterien sowie weitere Äste der Aorta Gefäßkatheter eingeführt werden. Derartige Eingriffe sind die Angioplastie, bei der Gefäßstenosen und verschlüsse mithilfe eines Ballons aufgeweitet werden, und die Embolisation, bei der z.B. zur Tumorbehandlung oder bei Angiomen (Blutschwämme) Blutgefäße verschlossen werden.

Die Arteria femoralis liegt direkt vor dem Femurkopf und dem Hüftgelenk. Wenn ein arterieller Katheter entfernt wird, wird die Arterie vorsichtig gegen den Femurkopf gedrückt, um die Blutung zum Stillstand zu bringen. Unter normalen Bedingungen verschließt sich die Punktionsstelle innerhalb von 10 min.

Vena femoralis zur Pulmonalisangiographie Auf die Vena femoralis kann in vergleichbarer Weise wie auf die Arteria femoralis zugegriffen werden. Katheter lassen sich für die pulmonale Angiographie durch die Vena femoralis in die Vena cava inferior und von hier direkt in den rechten Vorhof nach Passage der Trikuspidalklappe einführen. Bei weiterem Vorschieben des Katheters durch die Pulmonalklappe ist eine Pulmonalisangiographie möglich.

PELVIS

Knochen

Die Beckenknochen bestehen aus rechtem und linkem Hüftbein (Os coxae), dem Kreuzbein (Os sacrum) und dem Steißbein (Os coccygis). Das Os sacrum ist nach oben durch die Articulatio lumbosacralis mit dem 5. Lendenwirbel (L5) verbunden. Die Ossa coxae stehen dorsal über die Articulationes sacroiliacae mit dem Os sacrum in Verbindung und sind ventral über die Schambeinfuge (Symphysis pubica) miteinander verbunden.

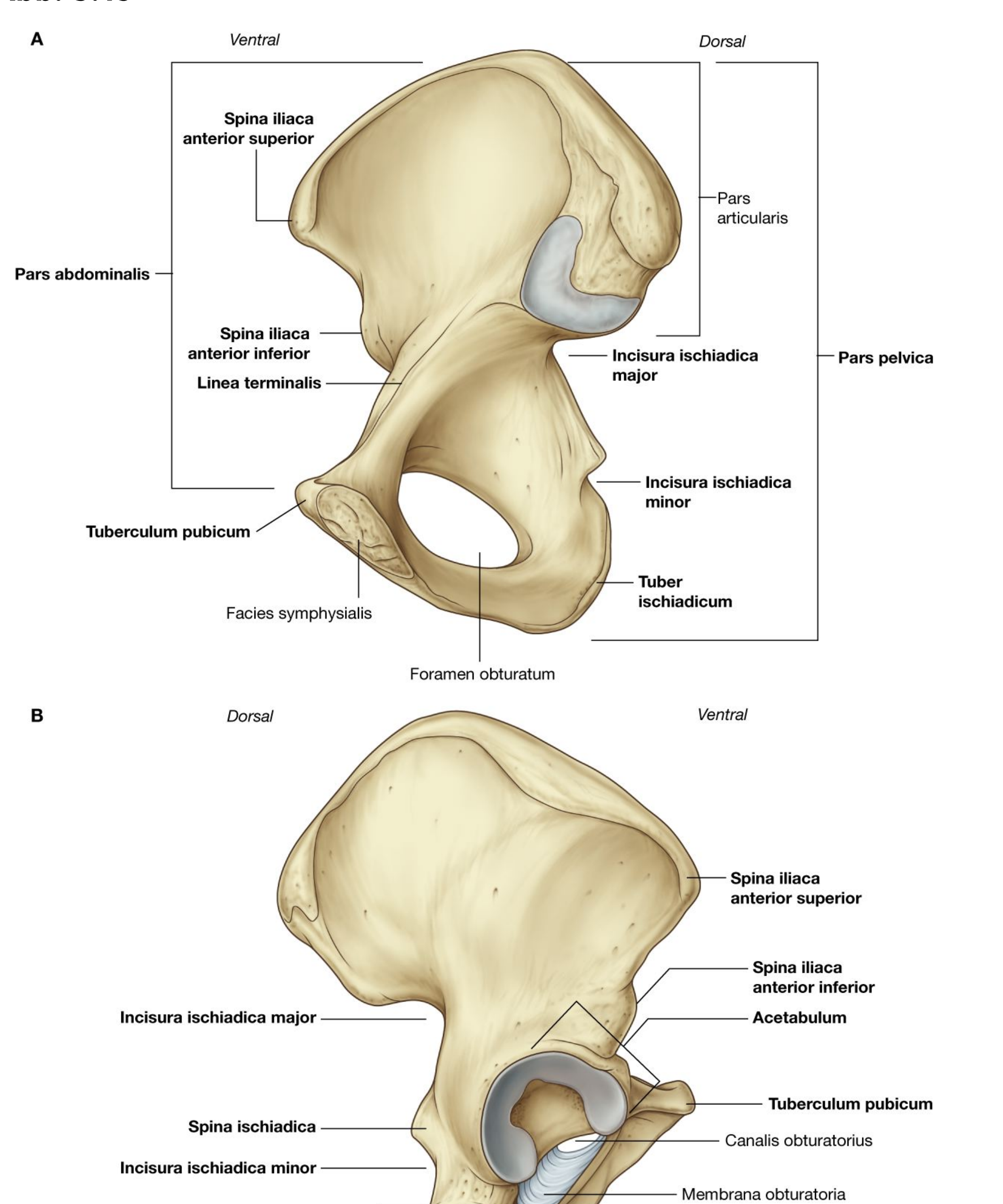
Os coxae

Das Os coxae (Hüftbein), das sich entwicklungsgeschichtlich aus Os ilium (Darmbein), Os ischii (Sitzbein) und Os pubis (Schambein) zusammensetzt, hat eine unregelmäßige Form und besteht aus zwei großen Anteilen, die durch eine schräg verlaufende Linie auf der Knochenoberfläche voneinander getrennt sind (Abb. 5.19A):

- Oberhalb der Linie liegt das große Becken, das Teil des Abdomens ist.
- Unterhalb der Linie liegt das kleine Becken, das die Beckenhöhle enthält.

389

Abb. 5.19



Rechtes Os coxae. **A**. Ansicht von medial. **B**. Ansicht von lateral.

Die unteren zwei Drittel der Linie werden von der Linea terminalis gebildet, die den Rand des Beckeneingangs bildet.

An der Außenfläche des Os coxae befindet sich eine große Gelenkpfanne, das **Acetabulum**, die zusammen mit dem Femurkopf (Oberschenkelkopf) das Hüftgelenk bildet (Abb. 5.19B).

Unterhalb des Acetabulums liegt das große **Foramen obturatum**, das überwiegend durch eine dünne bindegewebige Membran, die **Membrana obturatoria**, verschlossen ist. Kranial bleibt im Foramen obturatum ein kleiner Canalis obturatorius zwischen Membrana obturatoria und dem begrenzenden Knochen, der als Passage für den Nervus obturatorius und die Vasa obturatoria zwischen Beckenhöhle und unterer Extremität dient.

Am Hinterrand des Knochens befinden sich zwei Incisurae, die durch die **Spina ischiadica** voneinander getrennt werden:

- **Incisura ischiadica major**
- **Incisura ischiadica minor**.

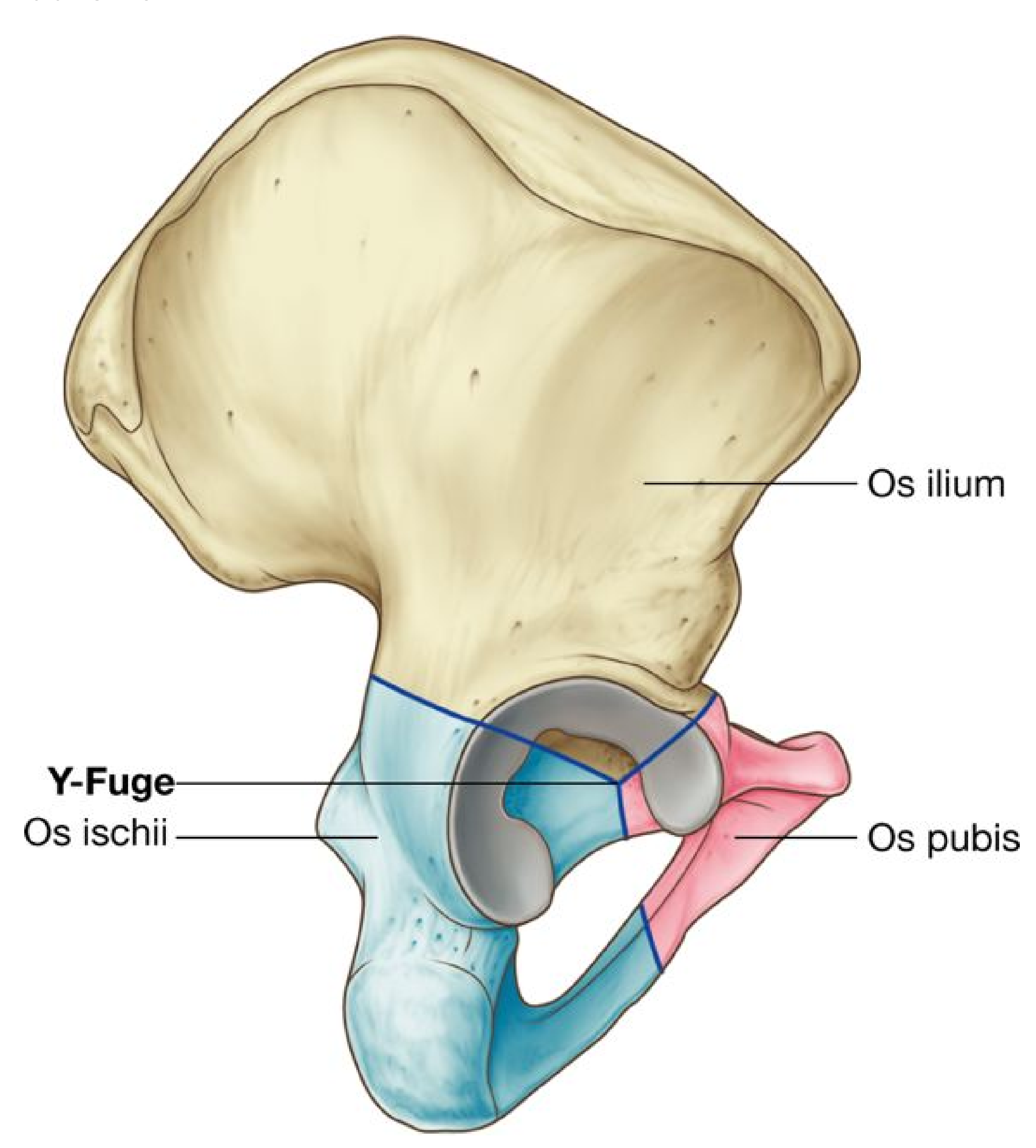
Der Hinterrand geht kaudal in das **Tuber ischiadicum** über.

Der unregelmäßige Vorderrand des Os coxae ist durch die **Spina iliaca anterior superior**, die **Spina iliaca anterior inferior** und das **Tuberculum pubicum** gekennzeichnet.

Bestandteile des Os coxae

Jedes Os coxae besteht aus drei Anteilen: Os ilium (Darmbein), Os pubis (Schambein) und Os ischii (Sitzbein). Bei der Geburt sind diese Knochen knorpelig miteinander im Acetabulum verbunden (die Grenzen bilden im Acetabulum ein Y, sog. Y-Fuge); später, im Alter zwischen 16 und 18 Jahren, verschmelzen die Knochen (Abb. 5.20).

Abb. 5.20



Os ilium, Os ischii und Os pubis.

Klinik

Knochenmarkbiopsie

Bei bestimmten Krankheiten (z.B. Leukämie) muss eine Knochenmarkprobe zur Bestimmung von Stadium und Schweregrad der Erkrankung entnommen werden. Oft wird die Knochenmarkprobe aus der leicht zugänglichen Crista iliaca entnommen.

Die Crista iliaca liegt oberflächlich und kann leicht palpiert werden.

Bei der Durchführung der Knochenmarkbiopsie werden ein Anästhetikum in die Haut injiziert und dann eine scharfe Nadel in die Kortikalis der Crista iliaca gestochen. Das

Knochenmark wird aspiriert und unter dem Mikroskop betrachtet. Auf diese Weise können ebenfalls Knochenmarkproben zur Beurteilung des Knochenstoffwechsels gewonnen werden.

Os ilium

Das **Os ilium** liegt von den drei knöchernen Anteilen des Os coxae am höchsten.

Eine oberflächliche Furche teilt das Os ilium in einen oberen und einen unteren Anteil (Abb. 5.21A):

- Auf der Hinterseite ist die Furche scharf und befindet sich unmittelbar oberhalb des Knochenanteils, der mit dem Os sacrum artikuliert (Facies sacropelvica). Hier befinden sich eine große L-förmige Gelenkfläche (Facies auricularis) zur Artikulation mit dem Os sacrum und eine ausgedehnte raue Fläche zur Befestigung der kräftigen Bänder, die die Articulatio sacroiliaca zu einer Amphiarthrose (bändergestrafftes Gelenk mit nur geringer, nicht nach Achsen geordneter Beweglichkeit; Wackelgelenk) machen (Abb. 5.21).
- Vorn ist die Furche, die den oberen Abschnitt des Os ilium vom unteren trennt, weich und wird als **Linea arcuata** bezeichnet.

Die Linea arcuata bildet einen Teil der Linea terminalis und des Beckenrandes.

Der Anteil des Os ilium, der sich unterhalb der Linea arcuata befindet, gehört zum Becken und ist an der Struktur der Beckenwände des kleinen Beckens beteiligt.

Der obere Anteil des Os ilium bildet mit seiner Ausdehnung einen flachen, fächerförmigen Flügel, der den unteren Abschnitt des Abdomens als großes Becken, Pelvis major, bildet. Dieser Teil des Os ilium dient der Befestigung von Muskeln, die funktionell mit der unteren Extremität in Verbindung stehen. Die vordere mediale Oberfläche des Flügels ist konkav und bildet die **Fossa iliaca**. An der Außenseite des 391

392 Flügels, die mit der Regio glutealis der unteren Extremität assoziiert ist, befinden sich verschiedene Linien und Aufrauungen (Abb. 5.21B).

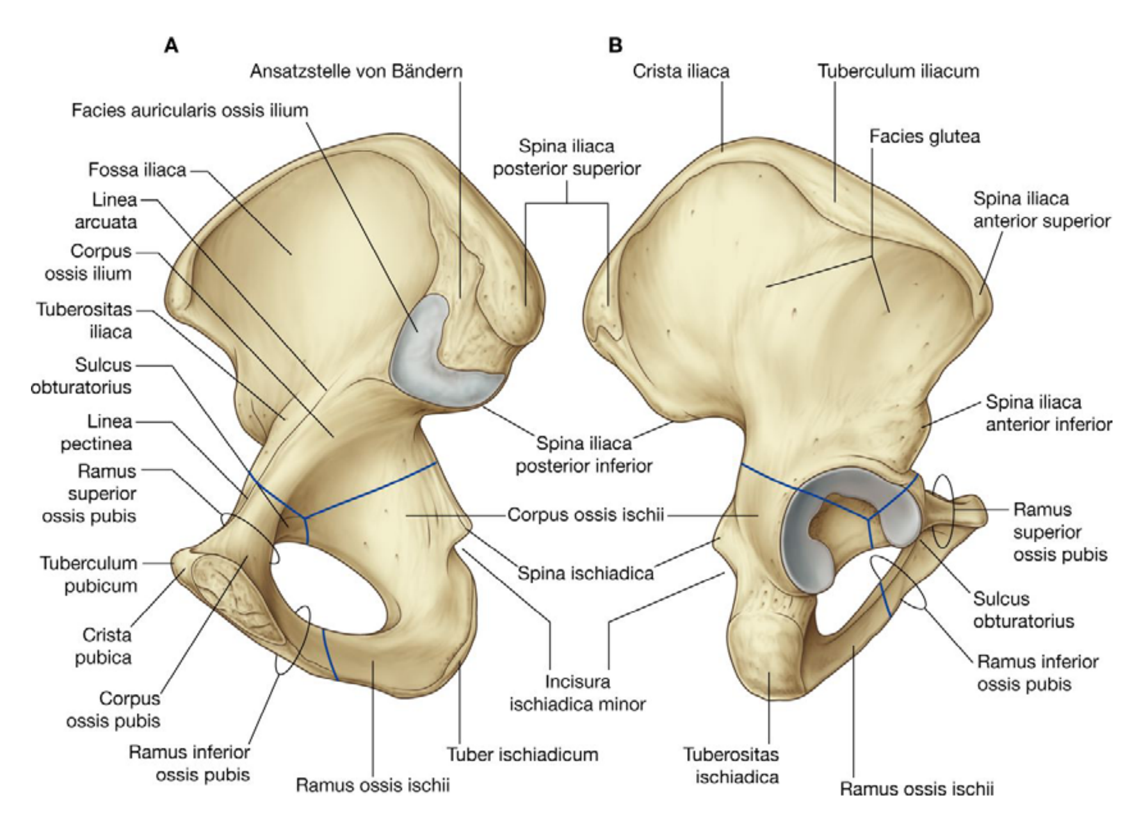
Der gesamte Oberrand des Os ilium ist zur prominenten **Crista iliaca** verdickt, die eine äußere Lippe (Labium externum) und eine innere Lippe (Labium internum) besitzt. An der Crista iliaca sind Muskeln und Faszien des Abdomens, des Rückens und der unteren Extremität befestigt. Sie endet vorn in der **Spina iliaca anterior superior** und hinten in der **Spina iliaca posterior superior**.

Lateral befindet sich nahe dem Vorderende der Crista iliaca das prominente Tuberculum iliacum; das hintere Ende der Crista verdickt sich zum **Tuber ischiadicum**.

Unterhalb der Spina iliaca anterior superior befindet sich am Vorderrand des Os ilium ein abgerundeter Vorsprung, die **Spina iliaca anterior inferior**. Hier sind der Musculus rectus femoris und das Ligamentum iliofemorale befestigt, die mit der unteren Extremität verbunden sind. Die weniger prominente **Spina iliaca posterior inferior** befindet sich am

Hinterrand der Facies sacropelvica an der Stelle, an der der Knochen nach vorn abgewinkelt ist und so den Oberrand des Foramen ischiadicum majus bildet.

Abb. 5.21



Bestandteile des Os coxae. **A**. Mediale Seite. **B**. Laterale Seite.

Os pubis

Der vordere untere Anteil des Os coxae ist das **Os pubis** (Abb. 5.21). Es besteht aus einem Corpus und zwei Rami:

- Das **Corpus ossis pubis** ist nach dorsal und ventral abgeflacht und artikuliert mit dem Corpus ossis pubis der anderen Seite in der **Schambeinfuge (Symphysis pubica)**. Auf der Oberseite des Corpus ossis pubis befindet sich die abgerundete Crista pubica, die seitlich im prominenten **Tuberculum pubicum** endet.
- Der **Ramus superior ossis pubis** zeigt vom Corpus ossis pubis nach hinten lateral und verbindet sich an seiner Grundfläche, die sich im Acetabulum befindet, mit Os ilium und Os ischii. Die scharfe Oberkante der dreieckigen Oberfläche wird als **Pecten ossis pubis** bezeichnet, das einen Teil der Linea terminalis und des Beckeneingangs bildet. Nach vorn geht das Pecten ossis pubis in die **Crista pubica** über, die ebenfalls einen Teil der Linea terminalis und des Beckeneingangs bildet.
- Der **Ramus inferior ossis pubis** ist durch den **Sulcus obturatorius** gekennzeichnet, der den Oberrand des Canalis obturatorius bildet. Der Ramus

inferior ossis pubis zieht nach lateral und unten, um sich dort mit dem Ramus ossis ischii zu verbinden.

392
393

Os ischii

Das Os ischii ist der hintere und untere Anteil des Os coxae (Abb. 5.21). Es besteht aus:

- einem großen Corpus ossis ischii, das nach oben gerichtet ist und sich mit dem Os ilium und dem Ramus superior ossis pubis verbindet
- einen Ramus ossis ischii, der nach vorn gerichtet ist und sich mit dem Ramus inferior ossis pubis verbindet.

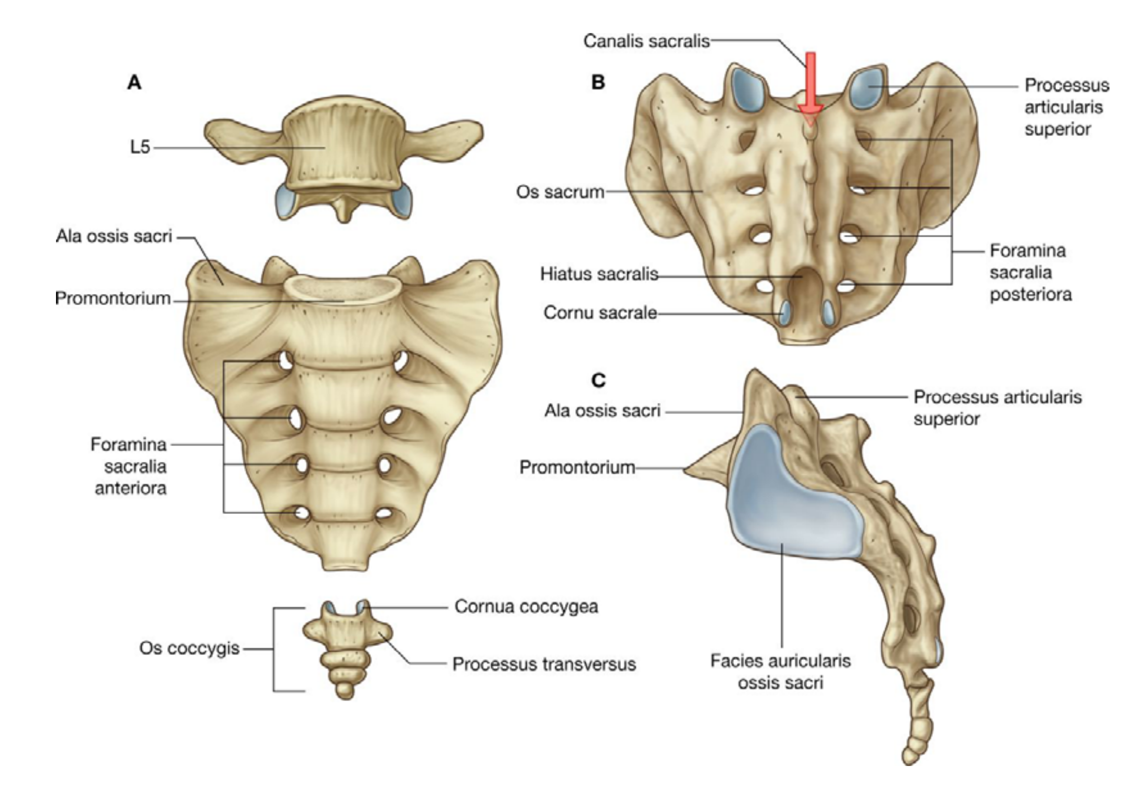
Am Hinterrand des Knochens befindet sich die prominente **Spina ischiadica**, die die kaudal liegende Incisura ischiadica minor von der kranial liegenden Incisura ischiadica major trennt.

Die prominenteste Struktur des Os ischii ist das große **Tuber ischiadicum** auf der hinteren unteren Seite, das der Befestigung von Muskeln der unteren Extremität dient und den Körper beim Sitzen stützt.

Os sacrum

Das Kreuzbein (Os sacrum) sieht aus wie ein umgedrehtes Dreieck. Es entsteht durch die Verschmelzung der fünf Sakralwirbel (Abb. 5.22). Die Basis ossis sacri artikuliert mit

Abb. 5.22



Os sacrum und Os coccygis. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von dorsal.

dem 5. Lendenwirbel und die Apex ossis sacri mit dem Os coccygis. Auf beiden Seiten des Os sacrum befindet sich eine große, L-förmige Gelenkfläche (Facies auricularis) zur Artikulation mit dem Os ilium. Hinter der Gelenkfläche befindet sich eine große raue Fläche (Tuberositas ossis sacri), die der Befestigung von Bändern zur Unterstützung der Articulatio sacroiliaca dient. An der kranialen Oberfläche des Os sacrum fällt der kraniale Anteil des 1. Sakralwirbels (S1) auf, dessen Processus transversi flügelartig ausgezogen sind und als **Alae ossis sacri** bezeichnet werden. Der weit in den Beckenring vorspringende Vorderrand des Corpus des 1. Kreuzbeinwirbels (S1) wird als Promontorium bezeichnet. Die Vorderfläche des Os sacrum ist konkav, die Hinterfläche konvex. Da die Processus transversi der benachbarten Sakralwirbel an der Stelle verschmelzen, an der sich die Foramina intervertebralia und die Teilungsstelle der Spinalnerven in Ramus anterior und Ramus posterior befinden, verlassen die Rami anteriores und posteriores der Spinalnerven S1 bis S4 das Os sacrum durch separate Foramina. Auf der Vorderseite des Kreuzbeins befinden sich vier paarige **Foramina sacralia anteriora** für die Rami anteriores, auf der Hinterseite vier paarige **Foramina sacralia posteriora** für die Rami posteriores. Der **Canalis sacralis** ist der Spinalkanal des Os sacrum. Er endet als **Hiatus sacralis**.

393

394

Os coccygis

Das Ende der Wirbelsäule bildet das Steißbein (Os coccygis), das aus vier miteinander verschmolzenen Vertebrae coccygeae besteht (Abb. 5.22) und wie das Os sacrum einem umgekehrten Dreieck ähnelt. Die Basis des Os coccygis zeigt nach kranial und besitzt eine Gelenkfläche zur Artikulation mit dem Os sacrum. Sie läuft in zwei Hörnern, Cornua coccygea, aus, die nach oben zeigen und mit vergleichbaren, nach kaudal gerichteten Hörnern des Os sacrum artikulieren oder verschmelzen. Die Hörner sind modifizierte Processus articulares superiores und inferiores, wie sie von den anderen Wirbeln bekannt sind. Beidseits geht ein rudimentärer Processus transversus vom 1. Steißbeinwirbel (Co1) ab. Das Os coccygis hat keinen Canalis vertebralis.

Gelenke

Articulationes lumbosacrales

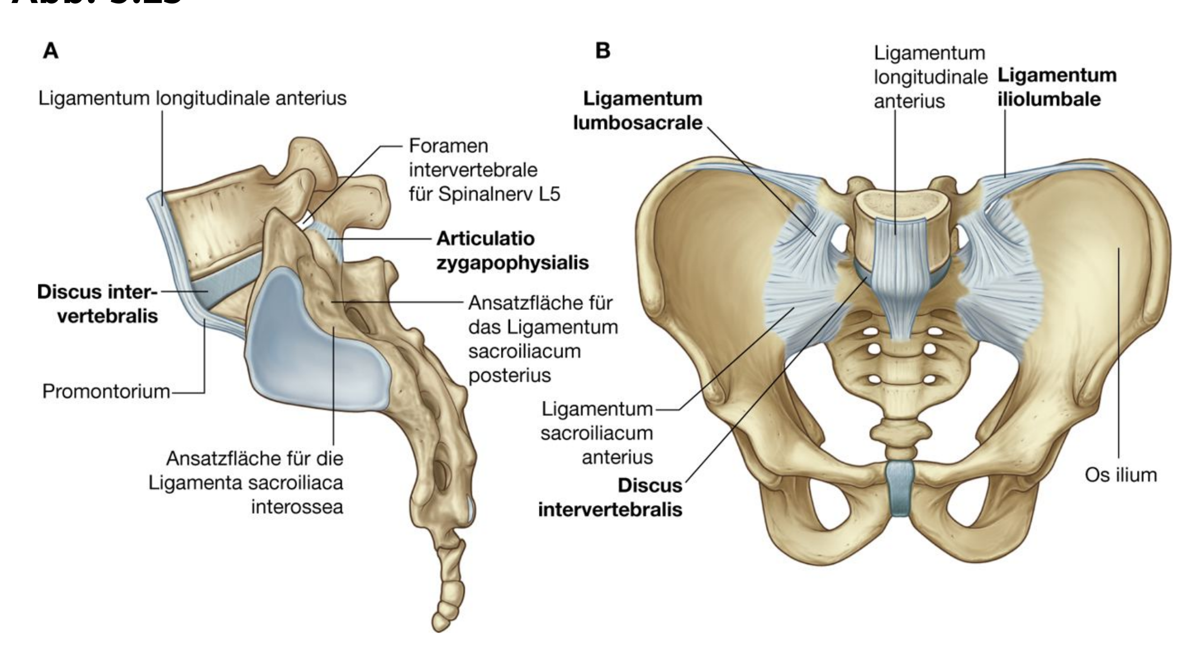
Das Os sacrum ist gelenkig mit dem letzen Lendenwirbel verbunden. Die Articulatio lumbosacralis besteht aus:

- zwei Articulationes zygapophysiales, die jeweils zwischen einem oberen und einem unteren Gelenkfortsatz (Processus articularis) der benachbarten Wirbel gebildet werden
- einem Discus intervertebralis zwischen den Wirbelkörpern L5 und S1 (Abb. 5.23A).

Das Gelenk ähnelt den anderen Wirbelgelenken mit der Ausnahme, dass das Os sacrum gegenüber dem 5. Lendenwirbel nach dorsal abgeknickt ist. Dadurch wölbt sich der Vorderrand der Bandscheibe zwischen L5 und S1 als Promontorium vor und ist ventral dicker als dorsal.

Die Articulatio lumbosacralis wird durch kräftige iliolumbale und lumbosakrale Bänder verstärkt, die von den Processus transversi des 5. Lendenwirbels zum Os ilium und zum Os sacrum ziehen (Abb. 5.23B).

Abb. 5.23



Articulationes lumbosacrales und dazugehörige Bänder. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von ventral.

Articulationes sacroiliacae

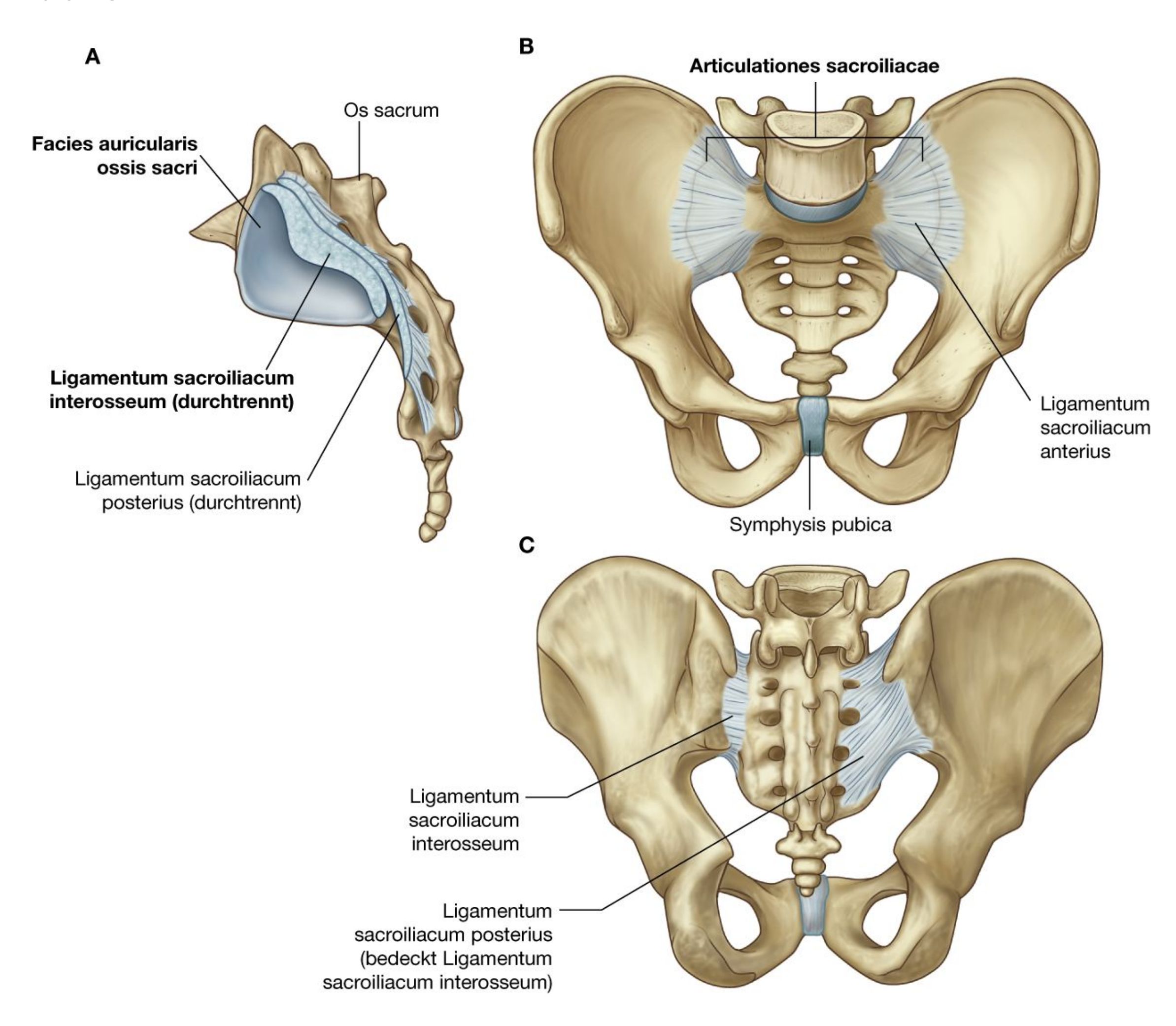
Die Articulationes sacroiliacae übertragen Kräfte von der untere Extremität auf die Wirbelsäule und umgekehrt. Sie werden von der lateral lokalisierten L-förmigen Facies auricularis ossis sacri und der Facies auricularis ossis ilium gebildet (Abb. 5.24A). Das Gelenk ist eine Amphiarthrose. Die Gelenkflächen sind durch den Bandapparatt fixiert, haben unregelmäßige Oberflächen und sind so miteinander verzahnt, dass nur sehr geringe Bewegungen möglich sind. Im Alter kommt es oft zur Fibrosierung und manchmal zur kompletten Ossifikation der Gelenke.

Die Iliosakralgelenke werden jeweils durch folgende Bänder verstärkt:

- **Ligamentum sacroiliacum anterius**, das eine Verstärkung der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel darstellt und nach ventral und kaudal zum Knochen zieht (Abb. 5.24B)
- **Ligamentum sacroiliacum interosseum**, das stärkste der drei Bänder, das unmittelbar hinten oberhalb des Gelenks liegt und an den Tuberositates ossis sacri und ossis ilium befestigt ist. Dabei füllt es den Zwischenraum zwischen den beiden Knochen aus (Abb. 5.24A und 5.24C).
- **Ligamentum sacroiliacum posterius**, welches das Ligamentum sacroiliacum interosseum bedeckt (Abb. 5.24C).

394

Abb. 5.24



Articulationes sacroiliacae und dazugehörige Bänder. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von ventral. **C**. Ansicht von dorsal.

Klinik

Häufige Beschwerden am Iliosakralgelenk

Die Iliosakralgelenke besitzen einen großen Bindegewebsanteil, haben aber auch eine auskleidende Membrana synovialis. Wie bei vielen anderen stark belasteten Gelenken kann es zu degenerativen Veränderungen kommen, die mit Schmerzen und Beschwerden im Sakroiliakalbereich einhergehen.

Außerdem sind die Iliosakralgelenke häufig im Rahmen systemischer Erkrankungen wie rheumatoider Arthritis, Psoriasis oder entzündlichen Darmerkrankungen (Colitis ulcerosa; Morbus Crohn), die meist mit dem Haupthistokompatibilitäts-(MHC-)Antigen HLA-B27 assoziiert sind, betroffen. Die Erkrankungen führen zu spezifischen entzündlichen Veränderungen der Iliosakralgelenke.

Symphysis pubica

Die Schambeinfuge (Symphysis pubica) befindet sich zwischen den aneinandergrenzenden Flächen der Schambeine (Abb. 5.25). Die Gelenkflächen sind mit hyalinem Knorpel bedeckt, der in der Mittellinie in Faserknorpel übergeht. Im Zentrum des Faserknorpels bildet sich beim Erwachsenen ein Spalt (Spatium symphyseos). Das Gelenk wird von ineinander verwobenen Schichten aus Kollagenfasern umhüllt. Die wichtigsten Bänder des Gelenks sind:

- das oberhalb des Gelenks liegende **Ligamentum pubicum superius**
- das unterhalb des Gelenks liegende **Ligamentum pubicum inferius** (Ligamentum arcuatum pubis).

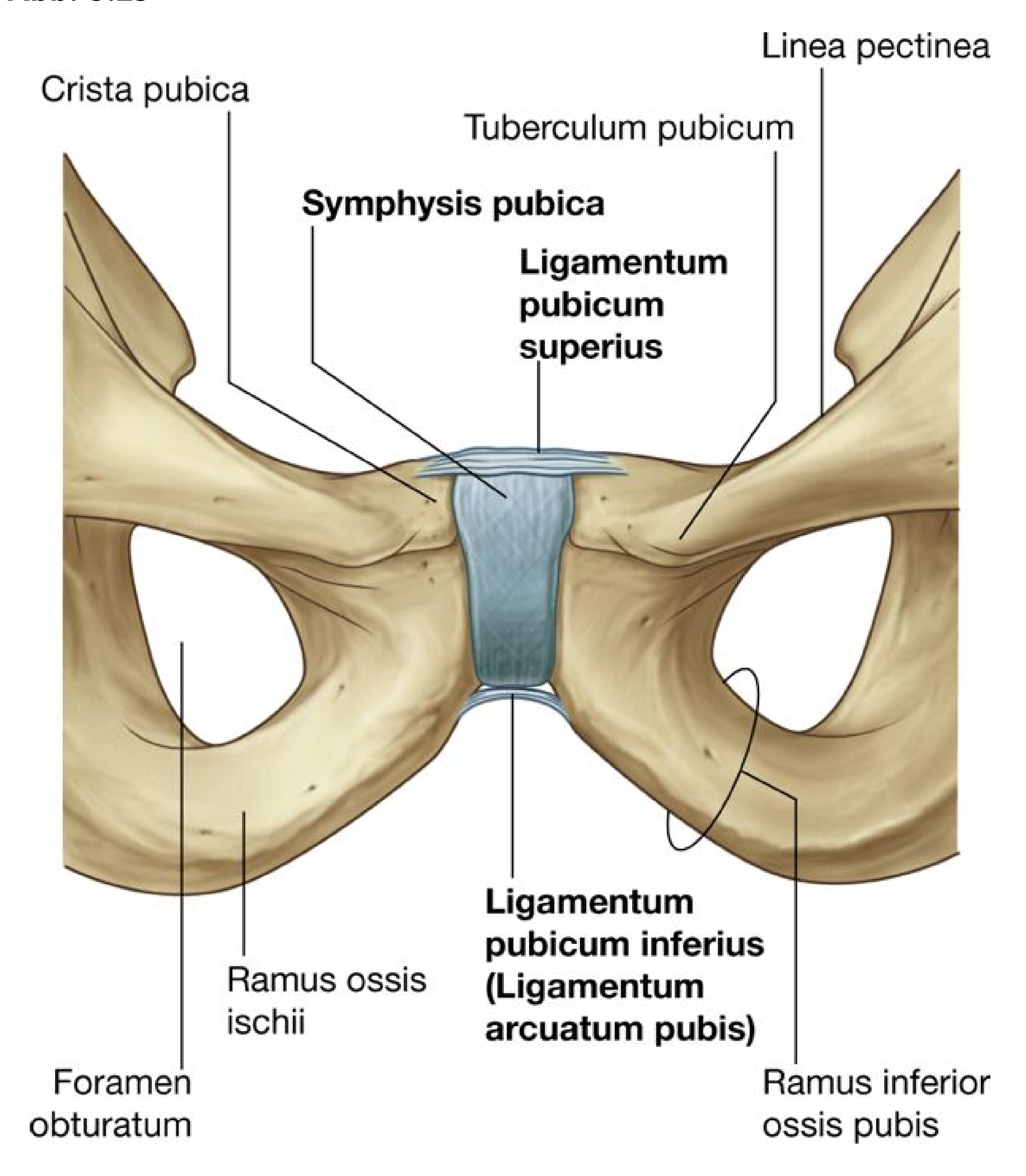
Die Bänder sind meist mit dem Periost des Knochens und dem Perichondrium des Symphysenknorpels verbunden. Durch die verschiedenen Binde- und Stützgewebe kommt es zu einer funktionellen Anpassung. Der hyaline Knorpel dient der Aufnahme von Druck; die Bänder dienen der Aufnahme von Zugkräften, und der Faserknorpel nimmt Schubbeanspruchungen auf.

In der Schwangerschaft wird der gesamte Beckenring durch die Ausschüttung des Hormons Relaxin beweglicher.

Ausrichtung

Durch die anatomische Lage des Beckens befinden sich die Vorderkante der Symphysis pubica und die Spina iliaca anterior superior in derselben Frontalebene (Abb. 5.26). Daher ist der Beckeneingang, der den Eintritt in die Beckenhöhle markiert, um ca. 60° nach vorn geneigt (Inclinatio pelvis – Beckenneigung), und die Corpora ossis pubis sowie der Arcus pubicus sind in einer annähernd horizontalen Ebene, die zum Boden zeigt, ausgerichtet.

Abb. 5.25

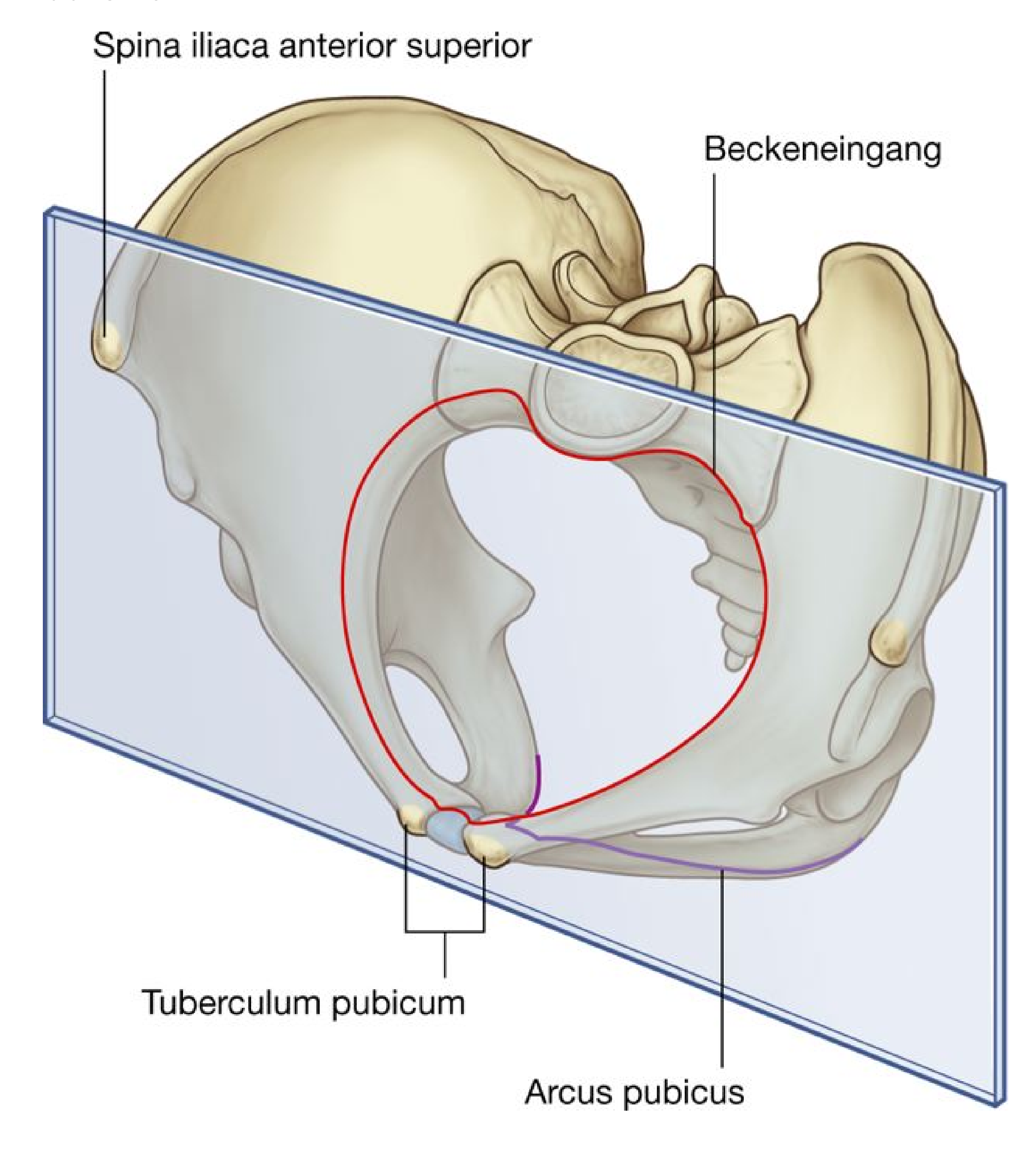


Symphysis pubica und dazugehörige Bänder.

Geschlechtsunterschiede

Männliches und weibliches Becken unterscheiden sich in mehreren Merkmalen. Das hängt vor allem damit zusammen, dass das kleine Becken bei der Frau den Geburtskanal bildet:

Abb. 5.26



Ausrichtung des Beckens (anatomische Lage).

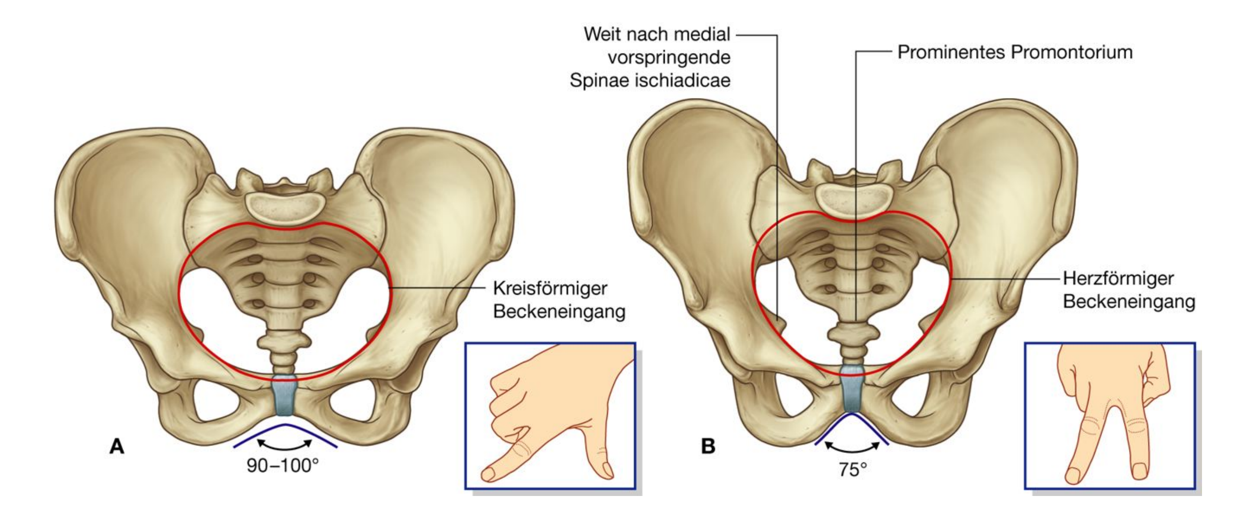
- Der weibliche Beckeneingang ist rund (Abb. 5.27A), der männliche Beckeneingang eher herzförmig (Abb. 5.27B). Die kreisförmigere Gestalt entsteht zum Teil durch das weniger vorspringende Promontorium und die breiteren Darmbeinschaufeln bei der Frau.
- Der Winkel zwischen den beiden Armen des Arcus pubicus beträgt bei der Frau 90 – 100° und ist damit größer als beim Mann (etwa 75°).
- Die Spinae ischiadicae reichen beim Mann weiter nach medial in die Beckenhöhle als bei der Frau.

- Im Rückenbereich kann man bei der Frau die Michaelis-Raute (Venusraute) abgrenzen. Beim Mann kommt lediglich ein Sakraldreieck vor. Die Michaelis-Raute ensteht durch die Verbindung der folgenden vier Punkte: Processus spinosus des 4. Lendenwirbels, rechte und linke Spina iliaca posterior superior und Beginn der Crena ani. Im Bereich aller vier Punkte liegt die Körperhaut direkt dem Knochen auf, die vier Punkte treten als Vertiefungen auf der dorsalen Rumpfwand in Erscheinung. *Abweichungen von der normalen Form (symmetrische Raute) lassen auf pathologische Veränderungen des knöchernen Geburtskanals schließen*. Das Sakraldreieck beim Mann wird aus rechter und linker Spina iliaca posterior superior sowie der Rima ani gebildet.

396

397

Abb. 5.27



Aufbau des knöchernen Beckens. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann. Der Winkel zwischen den beiden Schenkeln des Arcus pubicus entspricht bei der Frau annäherungsweise dem Winkel zwischen Daumen und Zeigefinger und beim Mann dem Winkel zwischen Zeige-und Mittelfinger (kleine Bilder).

Kleines Becken

Das kleine Becken (Pelvis minor) ist zylinderförmig und hat einen Eingang, eine Wand und einen Ausgang. Der Eingang ist geöffnet; der Ausgang ist durch den Beckenboden, der die Beckenhöhle von der darunterliegenden Regio perinealis trennt, geschlossen.

Beckeneingang

Als Beckeneingang bezeichnet man die kreisförmige Öffnung zwischen Bauch- und Beckenhöhle, durch die Strukturen zwischen Abdomen und Beckenhöhle verlaufen. Der Beckeneingang ist komplett von Knochen und Gelenken umschlossen (Abb. 5.28). Das Promontorium ragt in den Beckeneingang hinein und bildet in der Mittellinie dessen Hinterrand. Auf beiden Seiten des Promontoriums wird der Rand durch die Alae ossis sacri gebildet. Der Rand des Beckeneinganges passiert dann die Articulatio sacroiliaca und setzt

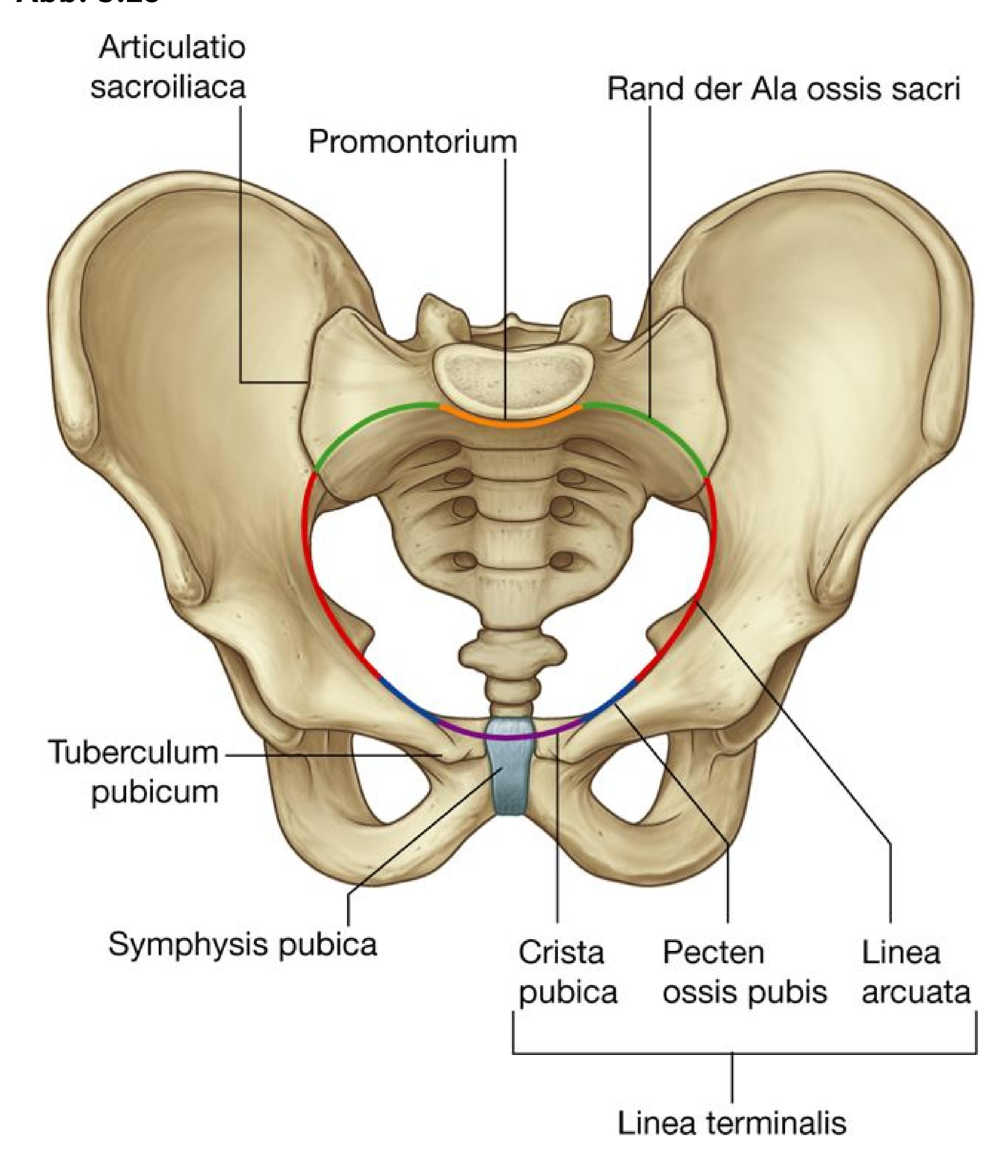
sich entlang der Linea terminalis (Linea arcuata, Pecten ossis pubis und Crista pubica) zur Symphyse fort.

Die Linea terminalis bildet somit die Grenzlinie zwischen kleinem und großem Becken. Der Beckeneingang besitzt eine querovale Form.

Beckenwand

Die Wände der Beckenhöhle bestehen aus Os sacrum, Os coccygis, Ossa coxae unterhalb der Linea terminalis, zwei Bändern und zwei Muskeln.

Abb. 5.28



Beckeneingang.

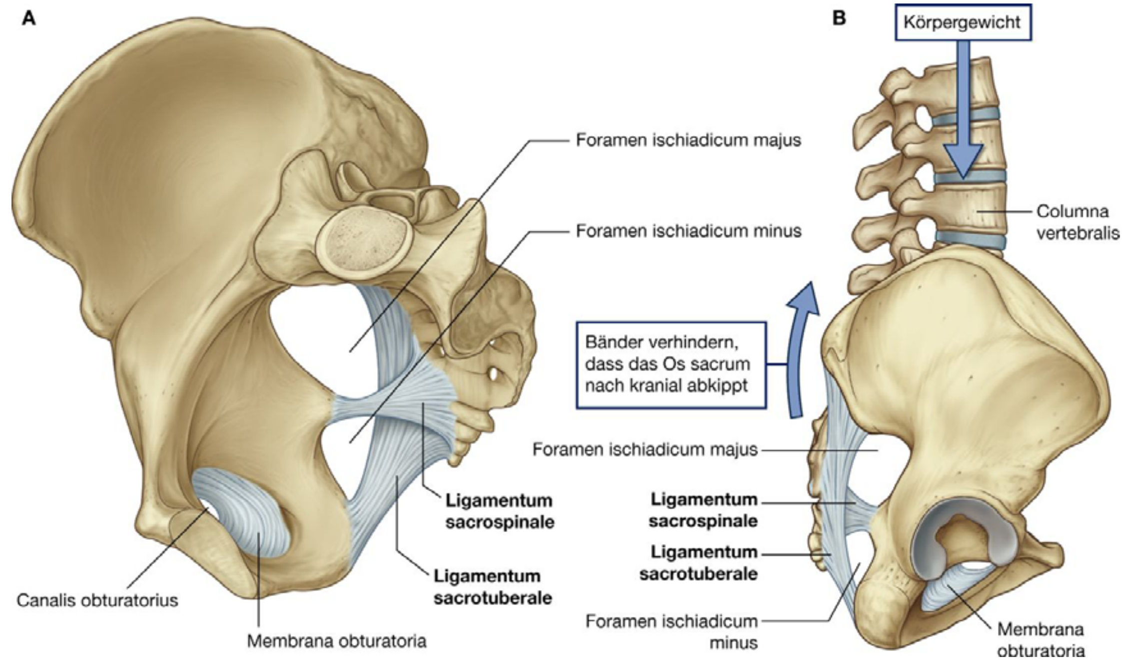
Bänder der Beckenwand

Die Ligamenta sacrospinale und sacrotuberale (Abb. 5.29A) sind wichtige Bestandteile der lateralen Beckenwand, die zur Abgrenzung der Öffnungen zwischen Beckenhöhle und benachbarten Regionen beitragen, durch welche die verschiedenen Strukturen verlaufen.

- Das kleinere der beiden Bänder, das Ligamentum sacrospinale, ist dreieckig mit einer zur Spina ischiadica gerichteten Spitze und einer an Os sacrum und Os coccygis befestigten Basis.
- Das größere Ligamentum sacrotuberale ist ebenfalls dreieckig und liegt oberflächlicher als das Ligamentum sacrospinale. Seine Basis hat einen breiten Ansatz von der Spina iliaca posterior superior entlang der Rückseite und dem Seitenrand des Os sacrum bis zur Hinterseite des Os coccygis. Die Spitze des Bandes ist am medialen Rand des Tuber ischiadicum befestigt.

Die Bänder stabilisieren das Os sacrum an den Ossa coxae, indem sie verhindern, dass der kaudale Anteil des Os sacrum nach kranial kippt (Abb. 5.29B). Außerdem entstehen aus den Incisurae ischiadicae major und minor die Foramina ischiadica majus und minus (Abb. 5.29A und B).

Abb. 5.29



Ligamentum sacrospinale und Ligamentum sacrotuberale. **A**. Von medial (rechts). **B**. Funktion der Bänder.

- Das Foramen ischiadicum majus befindet sich oberhalb des Ligamentum sacrospinale und der Spina ischiadica.

- Das Foramen ischiadicum minus befindet sich unterhalb der Spina ischiadica und des Ligamentum sacrospinale zwischen Ligamentum sacrospinale und Ligamentum sacrotuberale.

Muskulatur der Beckenwand

Zwei Muskeln, der Musculus obturatorius internus und der Musculus piriformis, sind an der Bildung der lateralen Beckenwand beteiligt. Die Muskeln entspringen in der Beckenhöhle und inserieren am Femur.

Musculus obturatorius internus

Der Musculus obturatorius internus ist ein flacher, fächerförmiger Muskel, der von der Unterseite der Membrana obturatoria und dem Os coxae im Bereich des Foramen obturatum entspringt (Abb. 5.30 und Tab. 5.1).

Die Muskelfasern des Musculus obturatorius internus konvergieren zu einer Sehne, die die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum minus verlässt. Anschließend biegt sie rechtwinklig um das Os ischii zwischen Spina ischiadica und Tuber ischiadicum, zieht nach dorsal, passiert das Hüftgelenk und inseriert schließlich am Trochanter major.

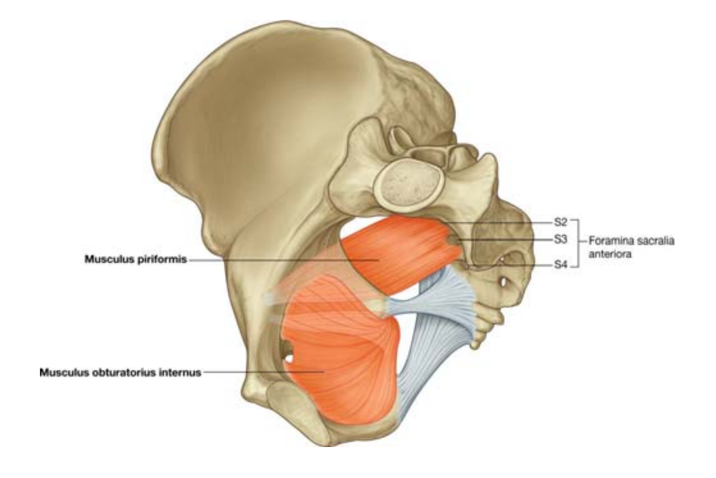
Der Musculus obturatorius internus ist zu einem großen Teil an der Bildung der ventrolateralen Beckenwand beteiligt.

398
399

Musculus piriformis

Der Musculus piriformis hat eine dreieckige Form und entspringt an den Knochenbrücken zwischen den vier Foramina sacralia anteriora. Er zieht lateral durch das Foramen ischiadicum majus, passiert den dorsokranialen Anteil des Hüftgelenks und inseriert am Trochanter major oberhalb der Ansatzstelle des Musculus obturatorius internus (Abb. 5.30 und Tab. 5.1).

Abb. 5.30



Musculus obturatorius internus und Musculus piriformis. Von medial (rechts).

Tab. 5.1 Muskeln der Beckenwände

Muskeln der Beckenwand	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus obturatorius internus	Vordere Seitenwand des kleinen Beckens (Unterseite der Membrana obturatoria und knöcherner Rand)	Medial am Trochanter major	Nervus gluteus inferior, Plexus sacralis (L5, S1, S2)	Außenrotation bei gestrecktem Hüftgelenk; Abduktion bei Beugung im Hüftgelenk
Musculus piriformis	Vorderseite des Os sacrum zwischen den Foramina sacralia anteriora	Medialer Oberrand des Trochanter major	Plexus sacralis (L5, S1, S2)	Außenrotation bei gestrecktem Hüftgelenk; Abduktion bei Beugung im Hüftgelenk

Der Musculus piriformis ist zu einem großen Teil an der Bildung der hinteren seitlichen Beckenwand beteiligt. Außerdem teilt er das Foramen ischiadicum majus in zwei Regionen, eine oberhalb des Muskels und eine unterhalb des Muskels gelegene Region (Foramina suprapiriforme und infrapiriforme). Gefäße und Nerven, die zwischen Beckenhöhle und Regio glutealis verlaufen, treten durch die beiden Foramina.

399

400

Öffnungen in der Beckenwand

Beide seitlichen Beckenwände besitzen drei große Öffnungen, durch die Strukturen zwischen Beckenhöhle und anderen Regionen verlaufen:

- Canalis obturatorius
- Foramen ischiadicum majus
- Foramen ischiadicum minus.

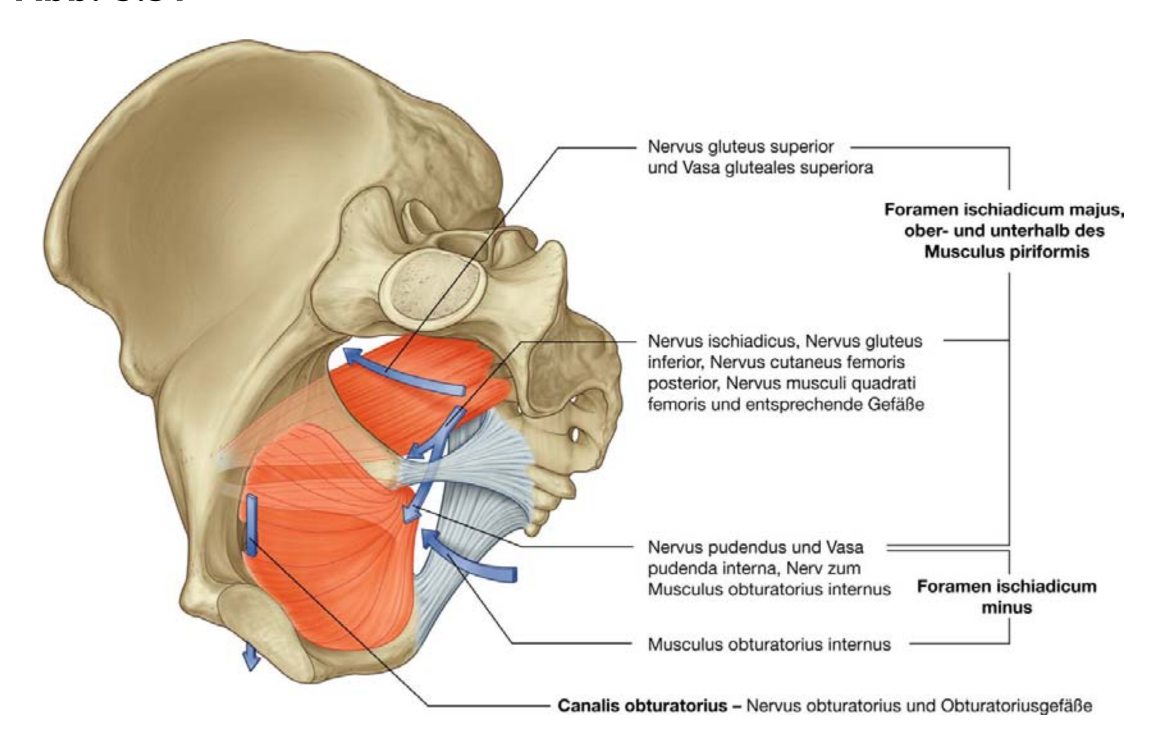
Canalis obturatorius

Im oberen Anteil des Foramen obturatum befindet sich der Canalis obturatorius, der durch die Membrana obturatoria, die Musculi obturatorii und den Ramus superior ossis pubis begrenzt wird (Abb. 5.31). Durch den Canalis obturatorius treten Nervus obturatorius und Vasa obturatoria von der Beckenhöhle zum Oberschenkel.

Foramen ischiadicum majus

Das Foramen ischiadicum majus ist eine wichtige Kommunikationsstelle zwischen Beckenhöhle und unterer Extremität (Abb. 5.31). Es wird durch die Incisura ischiadica major des Os coxae, die Ligamenta sacrotuberale und sacrospinale sowie durch die Spina ischiadica begrenzt.

Abb. 5.31



Öffnungen in der Beckenwand.

Der Musculus piriformis zieht durch das Foramen ischiadicum majus und teilt es in zwei Teile:

- Der Nervus gluteus superior und die Vasa glutea superiora ziehen durch das Foramen oberhalb des Musculus piriformis (Foramen suprapiriforme).
- Durch das Foramen unterhalb des Musculus piriformis (Foramen infrapiriforme) treten der Nervus gluteus inferior, die Vasa glutea inferiora, der Nervus ischiadicus, der Nervus pudendus, die Vasa pudenda interna, der Nervus cutaneus femoris posterior und die Nerven zur Innervation des Musculus obturatorius internus und des Musculus quadratus femoris.

Foramen ischiadicum minus

Das Foramen ischiadicum minus wird durch die Incisura ischiadica minor des Os coxae, die Spina ischiadica und die Ligamenta sacrotuberale und sacrospinale gebildet (Abb. 5.31). Die Sehne des Musculus obturatorius internus zieht durch das Foramen zur Regio glutealis der unteren Extremität.

Da sich das Foramen ischiadicum minus unterhalb der Befestigungsstelle des Beckenbodens befindet, dient es der Kommunikation zwischen Regio glutealis und Regio perinealis. Nervus pudendus und Vasa pudenda interna gelangen von der Beckenhöhle (oberhalb des Beckenbodens) zur Regio perinealis (unterhalb des Beckenbodens), indem sie zuerst durch das Foramen ischiadicum majus ziehen, dann um das Ligamentum

400
401

sacrospinale und die Spina ischiadica biegen und schließlich durch das Foramen ischiadicum majus zur Regio perinealis gelangen.

Beckenausgang

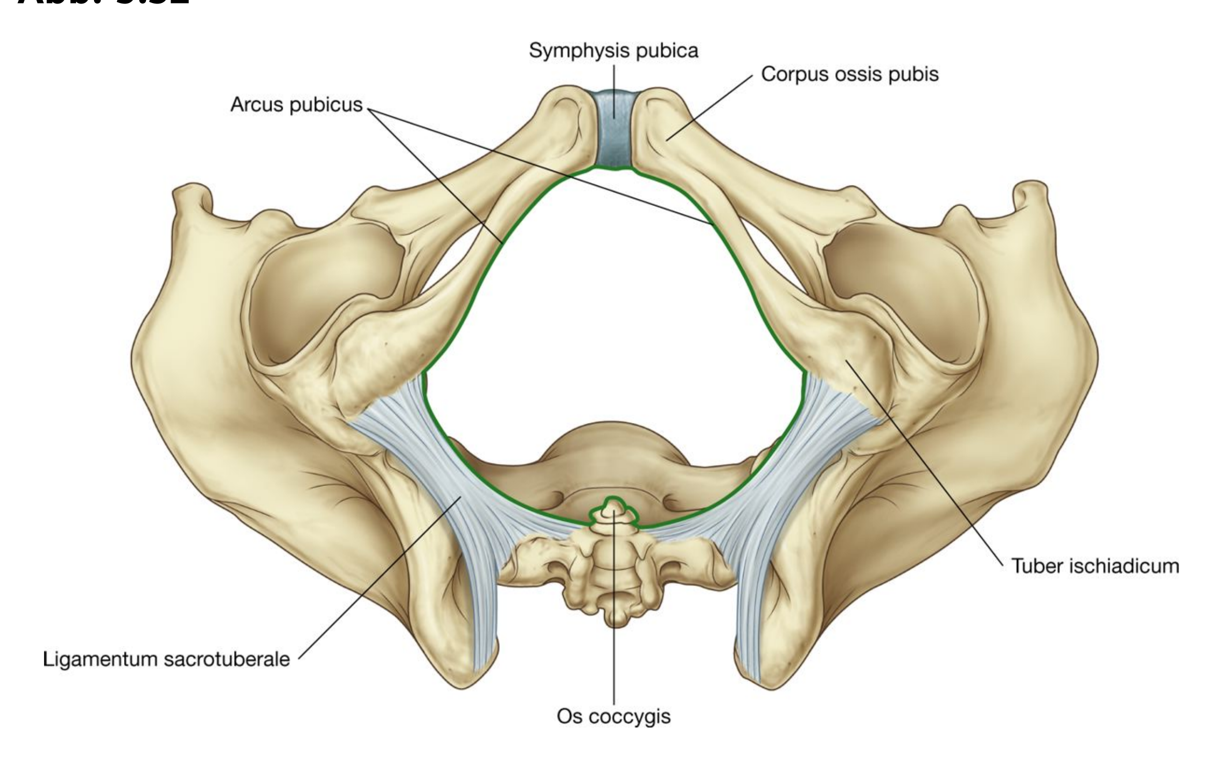
Der Beckenausgang hat die Form einer Raute, wobei der vordere Anteil der Raute überwiegend durch Knochen und der hintere Anteil überwiegend durch Bänder gebildet werden (Abb. 5.32). In der vorderen Mittellinie wird der Beckenausgang von der Symphysis pubica begrenzt. Lateral und dorsal der Symphyse wird die Grenze des Beckenausgangs auf beiden Seiten vom Corpus ossis pubis, vom Ramus inferior ossis pubis, vom Ramus ossis ischii und vom Tuber ischiadicum gebildet. Gemeinsam bilden die Strukturen auf beiden Seiten den Arcus pubicus.

Ausgehend vom Tuber ischiadicum verläuft die Grenze beidseits nach dorsal und medial entlang dem Ligamentum sacrotuberale zum Os coccygis.

Durch den Beckenausgang verlaufen Endabschnitte der Harnwege und des Gastrointestinaltrakts sowie bei der Frau die Vagina.

Das Gebiet unterhalb des Beckenbodens, das von den Begrenzungen des Beckenausgangs umschlossen ist, wird als **Dammregion (Regio perinealis)** bezeichnet.

Abb. 5.32



Beckenausgang.

Beckenräume und Geburtskanal

Man unterscheidet drei Räume im kleinen Becken:

- den querovalen Beckeneingang
- die runde Beckenhöhle
- den längsovalen Beckenausgang.

Bei der Geburt muss der kindliche Kopf alle drei Räume passieren. Normalerweise tritt das Kind mit dem Kopf voran in den Geburtskanal ein. Der Kopf ist dabei im Beckeneingang nach links oder nach rechts gerichtet (querovaler Beckeneingang). In der Beckenhöhle (Beckenweite) dreht das Kind den Kopf um 90°. Dabei zeigt das Gesicht typischerweise zum Steißbein, der Hinterkopf zur Symphyse. Durch die Drehung kann der kindliche Kopf nun den längsovalen Beckenausgang passieren.

401

402

Klinik

Beckenmaße in der Geburtshilfe

Wenn im Laufe einer Schwangerschaft der Verdacht besteht, dass Größe und Lage des kindlichen Kopfes Schwierigkeiten bei der Geburt verursachen könnten, lässt sich durch genaue Bestimmung der transversalen und sagittalen Beckenmaße von Beckeneingang und Beckenausgang der Mutter die Wahrscheinlichkeit einer vaginalen Geburt voraussagen. Die inneren Beckenmaße beinhalten:

- den Längsdurchmesser des Beckeneingangs zwischen Promontorium und Oberrand der Symphysis pubica (Conjugata anatomica)
- den Längsdurchmesser des Beckeneingangs zwischen Promontorium und Hinterrand der Symphyse (Conjugata vera oder Conjugata obstetrica; ca. 11 cm)
- den diagonalen Durchmesser der Beckenhöhle zwischen Promontorium und Unterrand der Symphyse (Conjugata diagonalis; 12,5 – 13 cm)
- den geraden Durchmesser des Beckeneingangs (Diameter transversa; Weite zwischen den Lineae terminales; ca. 13 cm)
- die Beckenweite (Beckenmitte) zwischen Hinterrand der Symphyse und am weitesten nach dorsal verlagertem Anteil des Os sacrum (ca. 12 cm)
- die Beckenenge zwischen dem Unterrand der Symphyse und der Grenze zwischen Os sacrum und Os coccygis
- den Längsdurchmesser des Beckenausgangs zwischen Unterrand der Symphyse und Steißbeinspitze (Conjugata recta; 9 – 11 cm – variabel, da das Steißbein beweglich ist).

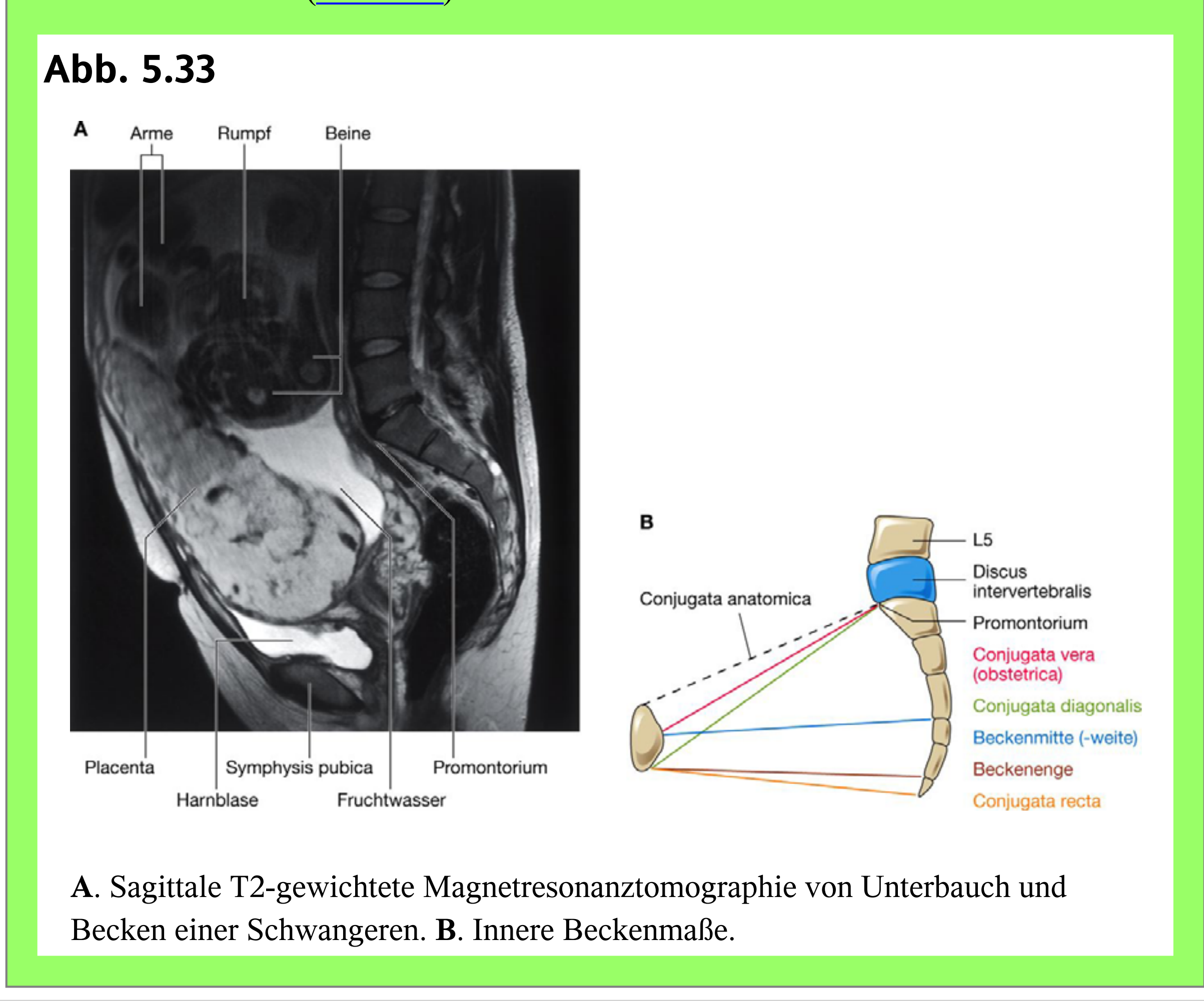
Die äußeren Beckenmaße beinhalten:

- den Abstand zwischen den beiden Spinae iliacae anteriores superiores (Distantia spinarum; ca. 27 cm)

- die beiden am weitesten voneinander entfernten Punkte auf den Cristae iliacae (Distantia cristarum; ca. 29 cm)
- die beiden am weitesten voneinander entfernten Stellen der großen Rollhügel (Trochanteres majores; Distantia trochanterica; ca. 31 cm)
- die Entfernung zwischen oberem Symphysenrand und Processus spinosus des 5. Lendenwirbels (Conjugata externa; ca. 20 cm).

Die Beckenmaße können durch Röntgenaufnahmen und Computertomogramme bestimmt werden. Beide Verfahren nutzen ionisisierende Strahlung, die schon in geringer Dosis für Mutter und Fetus gefährlich sein kann. Neuere Verfahren wie die Magnetresonanztomographie ohne Strahlenbelastung für Mutter und Fetus haben Röntgen und CT hierbei ersetzt (Abb. 5.33).

Abb. 5.33



A. Sagittale T2-gewichtete Magnetresonanztomographie von Unterbauch und Becken einer Schwangeren. **B**. Innere Beckenmaße.

402
403

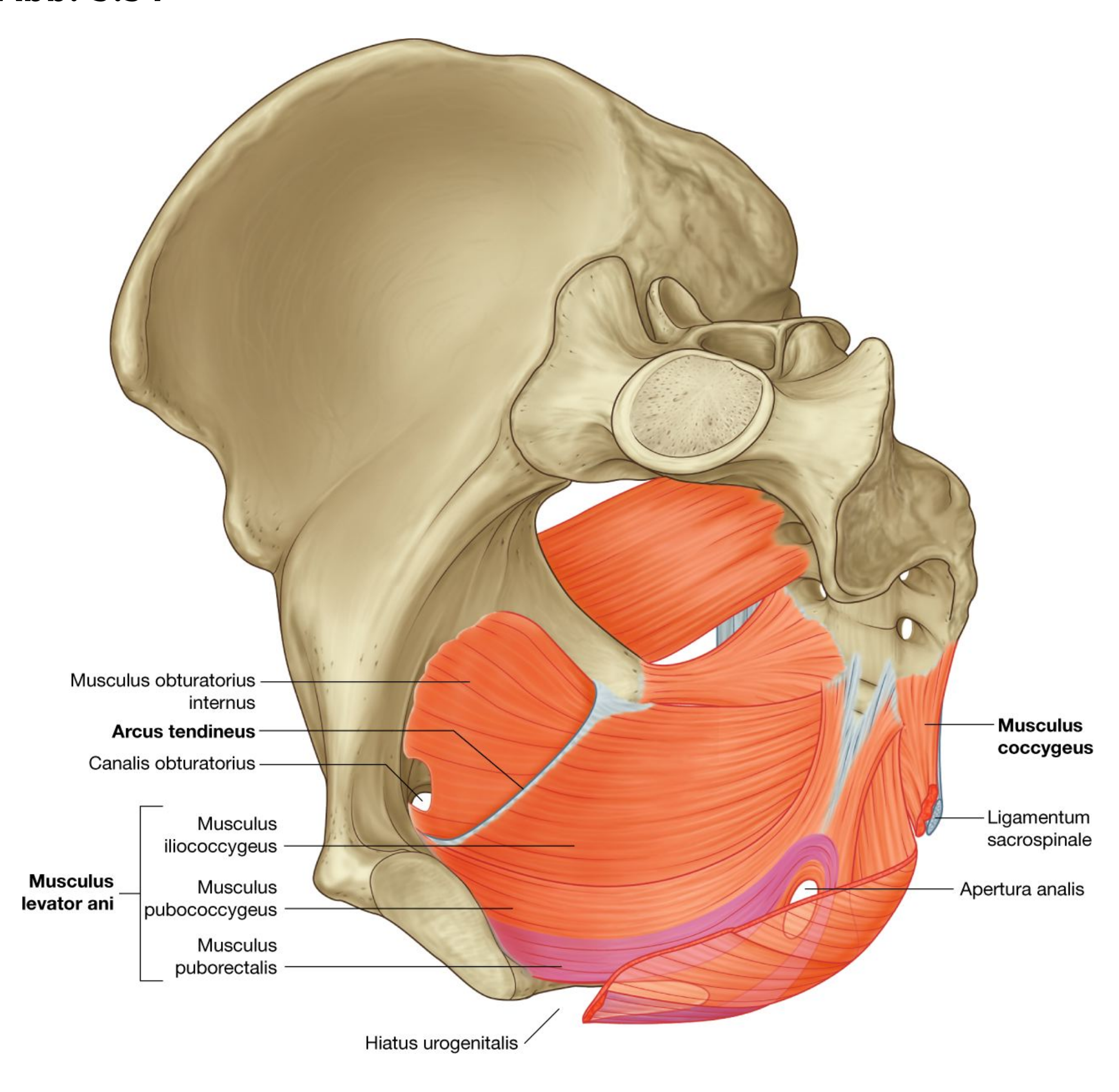
Beckenboden

Der Beckenboden wird durch das Diaphragma pelvis sowie in der vorderen Mittellinie durch das Diaphragma urogenitale gebildet. Das Diaphragma pelvis besteht beidseits aus dem Musculus levator ani und aus dem Musculus coccygeus. Der Beckenboden trennt die Beckenhöhle von der darunterliegenden Regio perinealis.

Diaphragma pelvis

Das Diaphragma pelvis macht den muskulären Anteil des Beckenbodens aus und besteht aus Musculus levator ani und Musculus coccygeus (Abb. 5.34 und Tab. 5.2). Es hat die Form eines Trichters und ist oben an den Beckenwänden befestigt.

Abb. 5.34



Diaphragma pelvis.

Die kreisförmige Linie, an der das Diaphragma pelvis an den zylindrischen Beckenwänden befestigt ist, verläuft auf beiden Seiten zwischen Foramen ischiadicum majus und Foramen ischiadicum minus. Daher

- befindet sich das Foramen ischiadicum majus oberhalb der Ebene des Beckenbodens und ermöglicht so die Kommunikation zwischen Beckenhöhle und Regio glutealis der unteren Extremität

- befindet sich das Foramen ischiadicum minus unterhalb des Beckenbodens und ermöglicht so die Kommunikation zwischen Regio glutealis der unteren Extremität und Regio perinealis.

403
404

Tab. 5.2 Muskeln des Diaphragma pelvis

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus levator ani	In einer Linie entlang der Beckenwand, die an der Hinterfläche des Os pubis beginnt und sich als Arcus tendineus (Verstärkung der Fascia obturatoria) über den Musculus obturatorius internus zur Spina ischiadica fortsetzt	Der vordere Anteil ist an der Oberseite der Membrana perinei befestigt. Der hintere Anteil vereinigt sich mit dem Muskel der Gegenseite im Centrum perinei, rund um den Canalis analis und entlang dem Ligamentum anococcygeum	Direkte Äste der Rami anteriores von S4; Nervus rectalis inferior des Nervus pudendus (S2–S4)	Ist an der Bildung des Beckenbodens beteiligt, der die Beckeneingeweide stützt. Erhält den Winkel zwischen Rektum und Canalis analis (Flexura anorectalis [perinealis]) aufrecht. Verstärkt den Musculus sphincter ani externus und fungiert bei der Frau als vaginaler Sphinkter
Musculus coccygeus	Spina ischiadica und Beckenseite des Ligamentum sacrospinale	Lateraler Rand des Os coccygis und benachbarte Grenze des Os sacrum	Äste der Rami anteriores von S3 und S4	Trägt zur Bildung des Beckenbodens bei, der die Beckeneingeweide stützt. Zieht das Os coccygis nach der Defäkation nach vorn

Musculus levator ani

Die beiden Musculi levatores ani entspringen jeweils an der Beckenwand, ziehen nach medial und nach kaudal und vereinigen sich in der Mittellinie. Ihre Befestigung an der Beckenwand entspricht deren runder Form und beinhaltet:

- den hinteren Anteil des Corpus ossis pubis
- eine lineare Verdickung der Faszie des Musculus obturatorius internus, die als **Arcus tendineus** bezeichnet wird
- die Spina ischiadica.

In der Mittellinie ziehen die Muskeln bei der Frau von dorsal in die Vagina und bei beiden Geschlechtern in den Bereich der Apertura analis. Hinter der Apertura analis vereinigen sich die beiden Muskeln zu einem Band oder einer Raphe, die als **Ligamentum anococcygeum** bezeichnet wird und am Os coccygis befestigt ist. Vorn werden die

Muskeln durch einen U-förmigen Spalt getrennt, den **Hiatus urogenitalis**. Die Ränder der Öffnung verschmelzen mit den Wänden benachbarter Organe und mit den Muskeln des darunterliegenden Spatium profundum perinei. Der Hiatus urogenitalis ermöglicht bei beiden Geschlechtern den Durchtritt der Urethra sowie bei der Frau den Durchtritt der Vagina durch das Diaphragma pelvis (Abb. 5.34).

Die Musculi levatores ani werden nach ihrem Ursprung und ihrer Beziehung zu Organen in der Mittellinie in drei Muskelfasergruppen eingeteilt: den Musculus pubococcygeus, den Musculus puborectalis und den Musculus iliococcygeus.

- Der **Musculus pubococcygeus** entspringt am Corpus ossis pubis, zieht nach dorsal und inseriert am Os coccygis. Dieser Teil des Muskels wird noch weiter nach seiner Beziehung zu benachbarten Organen in der Mittellinie in den **Musculus puboprostaticus (Musculus levator prostatae)**, den **Musculus pubovaginalis** und den **Musculus puboanalis** eingeteilt.
- Der **Musculus puborectalis** entspringt wie der Musculus pubococcygeus am Os coccygis und zieht beidseits nach kaudal. Hier bildet er eine Schlinge um den Endabschnitt des Gastrointestinaltrakts, der an der Ausbildung der **Flexura anorectalis (perinealis)** am anorektalen Übergang beteiligt ist, die Teil des Kontinenzorgans ist.
- Der hintere Anteil des Musculus levator ani wird durch den **Musculus iliococcygeus** gebildet, der von der Faszie des Musculus obturatorius internus entspringt. Beide Musculi coccygei vereinigen sich in der Mittellinie zwischen Apertura analis und Os coccygis und bilden ein Band oder einer Raphe (Ligamentum anococcygeum).

Die Musculi levatores ani stützen die Beckeneingeweide und dienen dem Verschluss von Rektum und Vagina. Sie werden direkt durch Äste des Ramus anterior aus S4 und durch Äste des Nervus pudendus (S2 – S4) innerviert.

Musculus coccygeus

Die beiden Musculi coccygei sind dreieckig und bedecken die Ligamenta sacrospinalia. Gemeinsam bilden sie mit den Musculi levatores ani das Diaphragma pelvis (Abb. 5.34 und Tab. 5.2). Ihre Spitzen sind an den Spinae ischiadicae und die Basen an den Seitenrändern des Os coccygis sowie angrenzenden Bereichen des Os sacrum befestigt.

404

405

Sie werden durch Äste der Rami anteriores aus S4 und S5 innerviert und dienen funktionell der Unterstützung des hinteren Beckenbodens.

Diaphragma urogenitale

Das **Diaphragma urogenitale** ist eine dicke, dreieckige Platte aus Muskulatur und Bindegewebe, die am knöchernen Rahmen des Arcus pubicus befestigt ist (Abb. 5.35A). Sie liegt in der Horizontalebene und hat einen freien Hinterrand. Vorn befindet sich eine

schmale Lücke zwischen dem Diaphragma und dem **Ligamentum pubicum inferius**, das mit der Symphyse verbunden ist.

Im Diaphragma urogenitale verlaufen verschiedene Nerven und Gefäße (Abb. 5.35B).

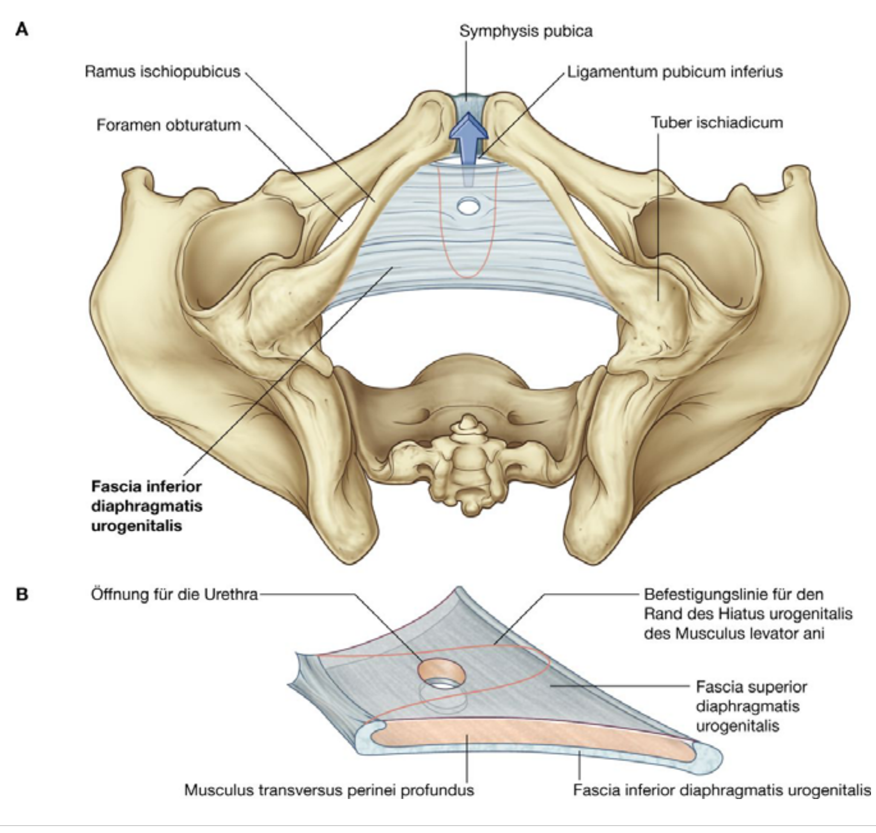
Oberhalb des Diaphragma urogenitale liegt die Fossa ischioanalis. Sie ist vom Diaphragma urogenitale durch die Fascia superior diaphragmatis urogenitalis getrennt. Das Diaphragma urogenitale ist am Aufbau des Beckenbodens beteiligt und stützt die zum Urogenitaltrakt gehörenden Organe in der Beckenhöhle, obwohl es eigentlich zur Regio perinealis gehört.

Das Diaphragma urogenitale und der benachbarte Arcus pubicus dienen der Befestigung der Verankerungen der äußeren Geschlechtsorgane und der mit ihnen verbundenen Muskeln (Abb. 5.35C).

Die Urethra zieht senkrecht durch eine runde Öffnung im Diaphragma urogenitale aus der Beckenhöhle in die darunterliegende Regio perinealis. Bei der Frau verläuft hinter der Urethra außerdem die Vagina durch eine Öffnung im Diaphragma urogenitale.

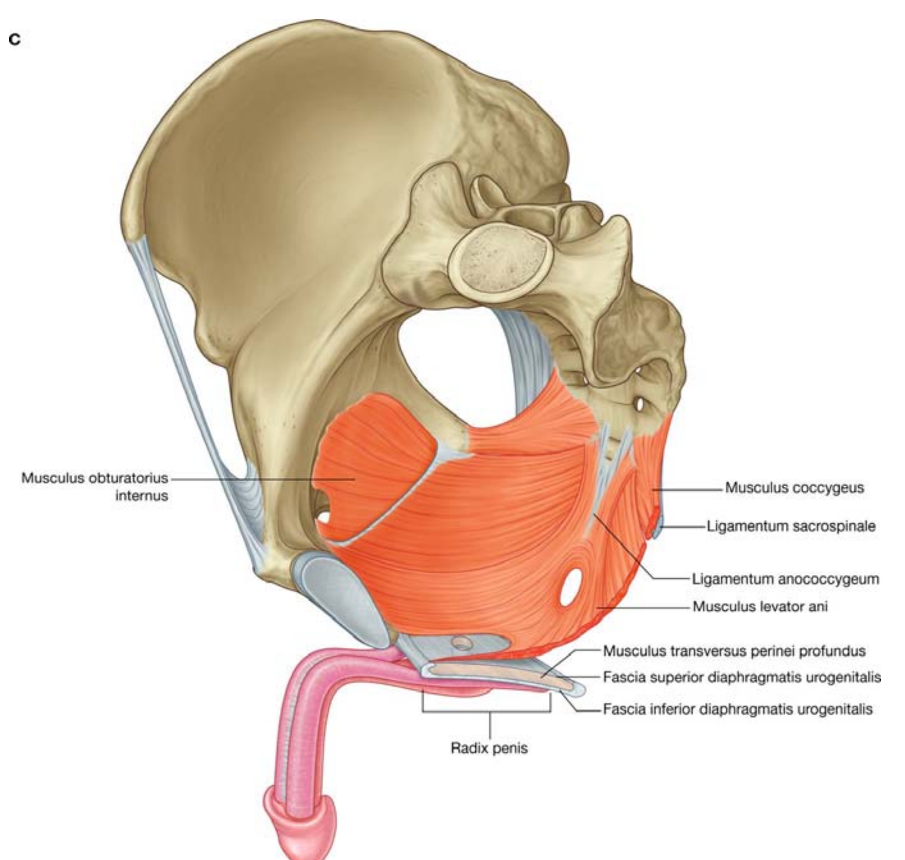
Im Diaphragma urogenitale befindet sich außer dem Musculus transversus perinei profundus eine Schicht quergestreifter Muskulatur, die als Sphinkter hauptsächlich für die Urethra fungiert und außerdem die Hinterkante der Membrana perinei stabilisiert (Abb. 5.36 und Tab. 5.3):

Abb. 5.35



405

406



Diaphragma urogenitale. **A**. Ansicht von unten. **B**. Ansicht von oben lateral. **C**. Ansicht von medial.

- Vorn umgibt ein Teil der Muskelfasern die Urethra und bildet so den **Musculus sphincter urethrae externus**.
- Zwei zusätzliche Gruppen von Muskelfasern stehen in Beziehung mit der Urethra und der Vagina bei der Frau. Eine Gruppe bildet den **Musculus sphincter urethrovaginalis**, der Vagina und Urethra als Einheit umgibt. Die andere Gruppe bildet auf beiden Seiten den **Musculus compressor urethrae**, der an den Rami ossis pubis und ossis ischii entspringt und sich mit dem Muskel der Gegenseite vor der Urethra vereinigt. Gemeinsam mit dem Musculus sphincter urethrae externus dienen Musculus sphincter urethrovaginalis und Musculus compressor urethrae dem Verschluss der Urethra.
- Beim Mann und bei der Frau verläuft beidseits der **Musculus transversus perinei profundus** entlang dem freien Rand der Membrana perinei und vereinigt sich in der Mittellinie mit dem Muskel der Gegenseite. Die Muskeln dienen der Stabilisierung des Centrum perinei, das sich in der Mitte der Hinterkante der Membrana perinei befindet.

406

407

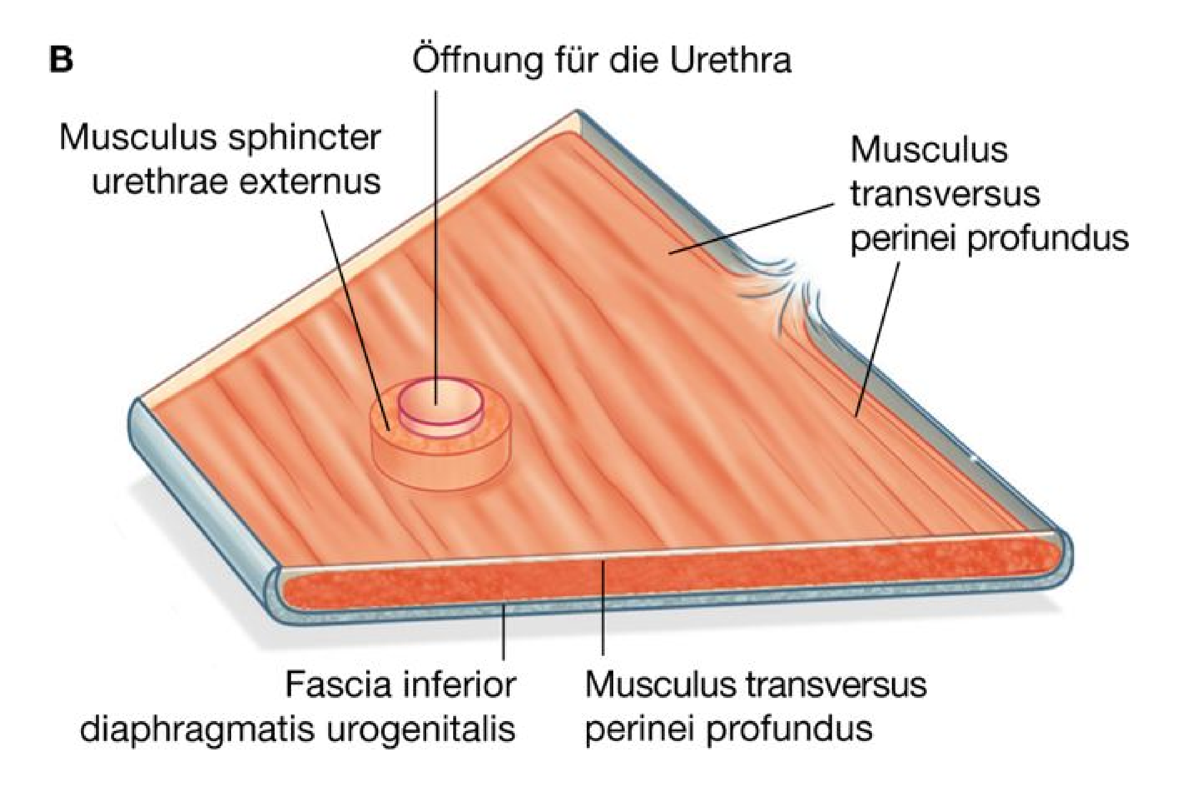
Tab. 5.3 Muskeln des Spatium profundum perinei

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus sphincter urethrae externus	Rami inferiores ossis pubis und angrenzende Wände des Spatium profundum perinei	Umgibt die Pars membranacea urethrae	Nervus perinealis des Nervus pudendus (S2–S4)	Verengt die Pars membranacea urethrae; erschlafft während der Miktion
Musculus transversus perinei profundus	Mediale Seite des Ramus ossis ischii	Centrum perinei	Nervus perinealis des Nervus pudendus (S2–S4)	Stabilisiert die Lage des Centrum perinei
Musculus compressor urethrae (nur bei der Frau)	Rami ossis ischii	Vereinigt sich mit dem Muskel der Gegenseite vor der Urethra	Nervus perinealis des Nervus pudendus (S2–S4)	Fungiert als akzessorischer Sphinkter der Urethra
Musculus sphincter urethrovaginalis	Centrum perinei	Zieht lateral der Vagina nach vorn und vereinigt sich mit dem Muskel der Gegenseite vor der Urethra	Nervus perinealis des Nervus pudendus (S2–S4)	Fungiert als akzessorischer Sphinkter der Urethra (kann auch den Verschluss der Vagina erleichtern)

Abb. 5.36

A

Öffnung für die Urethra
Öffnung für die Vagina
Musculus sphincter urethrae externus
Musculus transversus perinei profundus
Musculus sphincter urethrovaginalis
Musculus compressor urethrae
Musculus transversus perinei profundus
Fascia inferior diaphragmatis urogenitalis



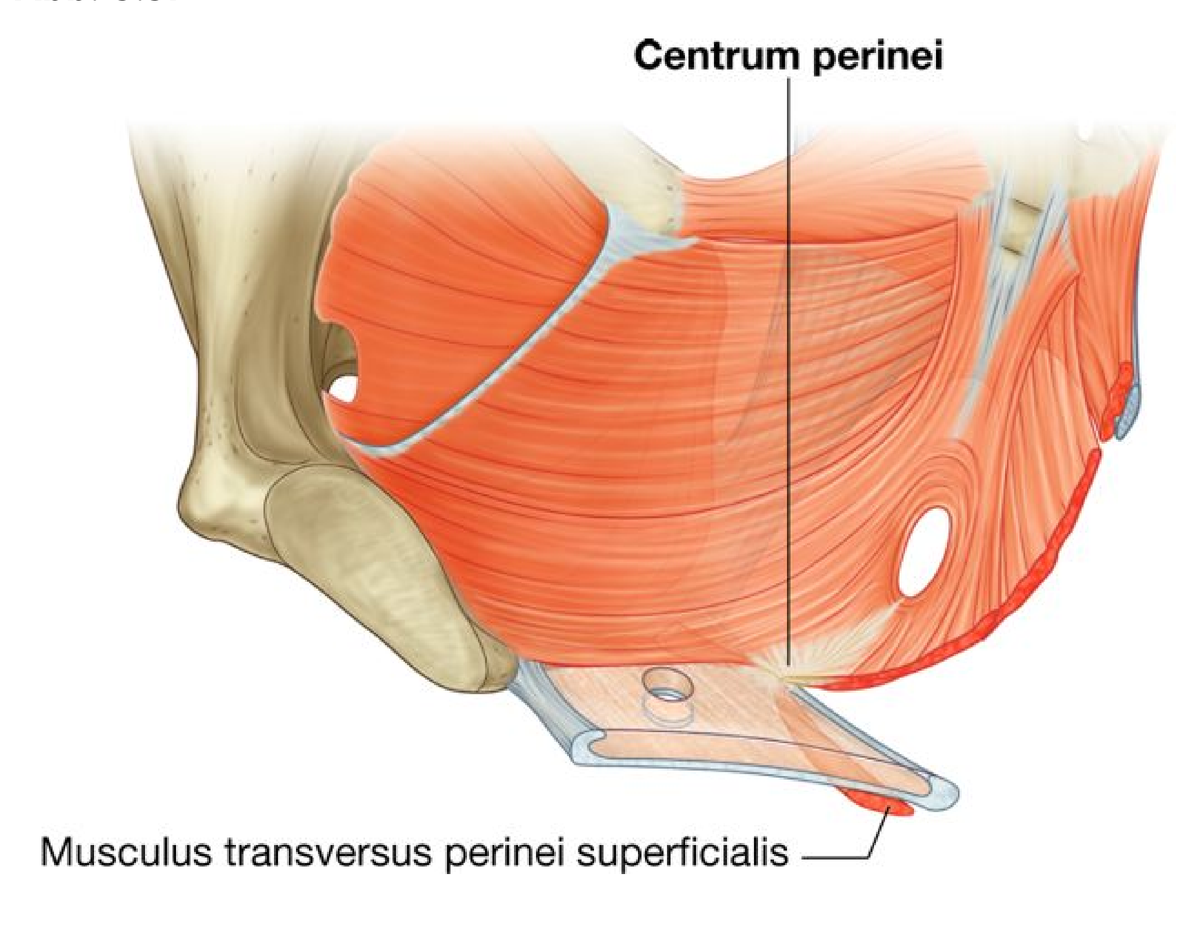
Muskeln im Diaphragma urogenitale (Fascia superior diaphragmatis urogenitalis entfernt). **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Centrum perinei

Das Centrum (tendineum) perinei ist eine nicht genau begrenzte, aber wichtige Bindegewebsplatte, in die Muskeln des Beckenbodens und der Regio perinealis einstrahlen (Abb. 5.37). Das Centrum tendineum befindet sich in der Mitte an der Hinterkante des Diaphragma urogenitale, an der es befestigt ist. Auch der dorsale Anteil des Hiatus urogenitalis im Musculus levator ani ist mit ihm verbunden.

Der Musculus transversus perinei profundus strahlt in das Centrum perinei ein. Bei der Frau ist außerdem der Musculus sphincter urethrovaginalis am Centrum perinei befestigt. Weitere Muskeln, die in das Centrum perinei einstrahlen, sind der Musculus sphincter ani externus, der Musculus transversus perinei superficialis und der Musculus bulbospongiosus.

Abb. 5.37



Centrum perinei.

407

408

Klinik

Episiotomie (Dammschnitt)

Während der Entbindung kann das Centrum perinei überdehnt werden und reißen.

Droht im Verlauf der Entbindung ein Dammriss (einschließlich eines Risses des Centrum perinei), kann der Geburtshelfer einen Einschnitt in Haut und Centrum perinei vornehmen,

um dem Kopf des Fetus die Passage durch die Vagina zu ermöglichen. Der Eingriff wird als Episiotomie bezeichnet. Der Vorteil eines sauberen Schnitts ist, dass er einfacher zu nähen ist und schneller heilt als ein kompletter, ausgefranster Riss.

Gelegentlich wird eine posterolaterale Episiotomie durchgeführt, die das Centrum perinei umgeht. Bei der medianen Episiotomie wird in der Mittellinie durch das Centrum perinei geschnitten.

Organe

Zu den Beckenorganen gehören Teile des Gastrointestinal- und des Urogenitaltrakts. Sie sind in der Mittellinie von vorn nach hinten angeordnet. Die Gefäß- und Nervenversorgung erfolgen über medial abgehende Äste aus mit der Beckenwand in Verbindung stehenden Gefäßen und Nerven.

Gastrointestinaltrakt

In der Beckenhöhle liegen Anteile des Gastrointestinaltrakts. Hierzu gehören vor allem das Rektum und der Analkanal (Canalis analis) sowie außerdem das Ende des Colon sigmoideum (Abb. 5.38). Kaudaler Abschnitt des Rektums und Canalis analis bilden funktionell eine Einheit.

Rektum

Das **Rektum** setzt sich fort:

- kranialwärts in das Colon sigmoideum auf Höhe des 3. Sakralwirbels (S3)
- kaudalwärts in den Canalis analis. Das Rektum wird per Definition beim Durchtritt durch den Beckenboden und beim Eintritt in die Regio perinealis zum Analkanal. Letzterer endet mit dem Anus. *Die Grenze zwischen Rektum und Analkanal wird unterschiedlich angegeben. Im klinischen Sprachgebrauch bildet die Einstrahlung des Musculus puborectalis die Grenze. Einige Autoren sehen aber auch den Beginn des submukösen Schwellkörpers im Analkanal als Grenzlinie an, und in der älteren anatomischen Literatur bildet die Linea pectinata (dentata) die Grenze*.

Das Rektum, der unterste Abschnitt der Beckeneingeweide, liegt unmittelbar vor dem Os sacrum und legt sich dessen konkaver Oberfläche an.

Der anorektale Übergang wird durch den puborektalen Anteil (Musculus puborectalis) des Musculus levator ani nach vorn gezogen (Flexura anorectalis [perinealis]), sodass der Canalis analis beim Durchtritt durch den Beckenboden nach dorsal umbiegt.

Um sich der Konkavität des Os sacrum in der Sagittal ebene anzupassen, besitzt das Rektum seitliche Krümmungen. Die Flexura sacralis liegt retroperitoneal und lässt Bewegungen des Rektums zu (Rectum mobile). Die Flexura anorectalis (perinealis) liegt extraperitoneal. In diesem Bereich ist das Rektum fixiert (Rectum fixum). Innerhalb des Rektums kommt es

durch die Krümmungen zur Ausbildung von Falten. Die Plicae transversae recti superior und inferior liegen auf der rechten Seite. Etwa 6 – 9 cm vom Anus entfernt wölbt sich die Plica transversa recti (Kohlrausch-Falte) auf der linken Seite in das Lumen des Rektum vor. Der untere Teil des Rektums ist zur **Ampulla recti** erweitert. Dem Rektum fehlen die typischen Merkmale des Kolons (Haustren, Tänien, Appendices epiploicae).

Canalis analis

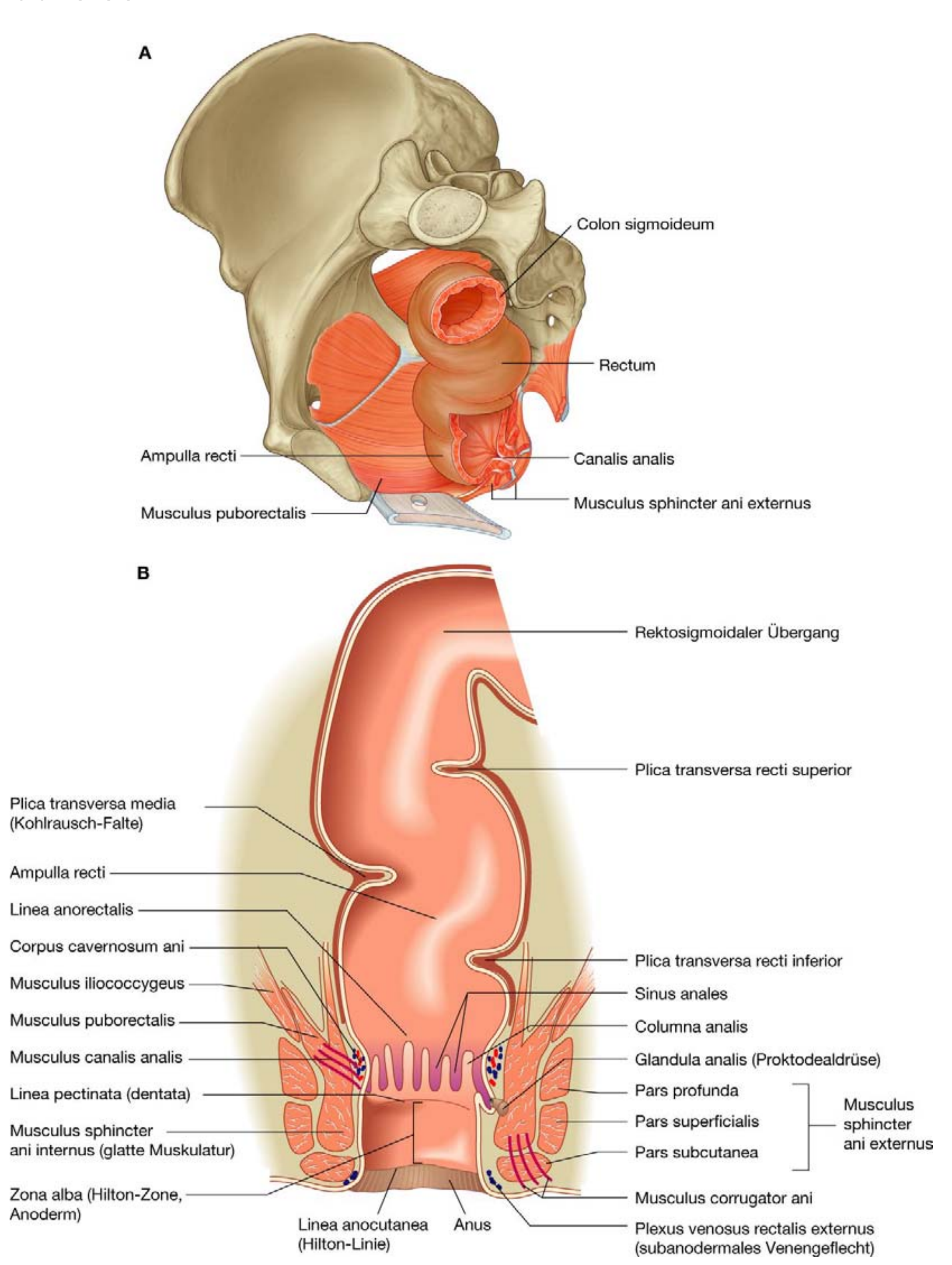
Der **Analkanal (Canalis analis)**, der am Ende der Ampulla recti beginnt, verengt sich am Beckenboden. Nach der Passage durch die Regio perinealis endet er als Anus. Beim Durchtritt durch den Beckenboden ist der Canalis analis von den Musculi sphincteres ani externus und internus umgeben, die ihn normalerweise verschließen.

Die epitheliale Auskleidung des Canalis analis zeigt einige Charakteristika, die annähernd die Lage der Membrana anococcygea während der Fetalzeit widerspiegeln (die beim Fetus dem Verschluss des Endabschnitts des sich entwickelnden Gastrointestinaltrakts dient) und beim Erwachsenen als Übergang der gastrointestinalen Schleimhaut in mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel in Erscheinung treten (Abb. 5.38B):

- Der obere Anteil des Canalis analis wird von einer ähnlichen Schleimhaut wie der des Rektums ausgekleidet. Sie weist einige Längsfalten auf, die als Columnae anales (Morgagni-Säulen) bezeichnet werden. Die durch den Beginn der Columnae anales abgrenzbare Linie wird als Linea anorectalis bezeichnet. Zwischen den Columnae anales liegen Vertiefungen, Sinus anales. Die Sinus anales laufen kaudalwärts in klappenartige Vertiefungen aus (Valvulae anales). In den Vertiefungen münden die Ausführungsgänge subepithelial und zwischen den Muskelfasern des Musculus sphincter ani externus und Musculus sphincter ani internus sitzender Glandulae anales (Proktodealdrüsen; Duftdrüsen). Alle Columnae anales und Valvulae anales enden auf der gleichen Höhe und bilden einen zirkulären Ring im Analkanal. Diese Grenzlinie ist die Linea pectinata (dentata = Pecten analis).

408

Abb. 5.38



Rektum und Canalis analis. **A**. Linkes Os coxae entfernt. **B**. Längsschnitt.

- Unterhalb der Linea pectinata befindet sich eine epitheliale Übergangszone, die als Zona alba (Anoderm; Hilton-Zone) bezeichnet wird und von unverhorntem Plattenepithel ausgekleidet ist. Die Zona alba ist stark innerviert und äußerst schmerzempfindlich.
- Unterhalb der Zona alba ist das Epithel verhornt und bildet die perianale Haut. Die perianale Haut geht am Anus in die Haut der Gesäßregion über.

Von der Linea anorectalis bis zur Zona alba ist subepithelial ein Schwellköpergewebe ausgebildet (Corpus cavernosum ani), das eine wichtige Rolle im Rahmen des Kontinenzorgans spielt.

Kontinenzorgan des Analkanals

Das Kontinenzorgan sorgt für den gas-, wasser- und luftdichten Abschluss des Analkanals zur Außenwelt. Folgende sieben Kontinenzfaktoren sind am Kontinenzorgan beteiligt:

- Ampulla recti (anorektaler Reflex)
- Musculus levator ani (Levatorschlinge – Musculus puborectalis)
- Musculus sphincter ani externus
- Musculus sphincter ani internus
- Canalis analis
- Corpus cavernosum ani
- Analhaut.

Muskulatur des Analkanals

An der Regulation des Verschlusses des Analkanals sind die Musculi levator ani (Pars puborectalis), sphincter ani externus und sphincter ani internus beteiligt.

Der **Musculus puborectalis** als Teil des Musculus levator ani entspringt auf der Rückseite des Os pubis und umfasst das Rektum mit einer großen Schlinge (Puborektalschlinge) am Übergang zum Analkanal. Der Muskel wird daher auch als **Musculus sphincter recti** bezeichnet. Er zieht den Analkanal nach ventral und bedingt die Abknickung des Rektums im Bereich der Linea anorectalis. *Verletzungen des Muskels führen zu einer erheblichen Kontinenzeinbuße; es kommt aber nicht zum vollständigen Kontinenzverlust. Bei Dammrissen 3. Grades sorgt der Musculus puborectalis für den Erhalt einer Teilkontinenz*. Er wird von direkten Muskelästen des Plexus sacralis (S3/S4) innerviert. Der Musculus pubococcygeus ist über das Ligamentum anococcygeum ebenfalls an der Erhaltung der Kontinenz beteiligt.

Der **Musculus sphincter ani externus** ist als quergestreifter Muskel willkürlich beeinflussbar. Er wird vom Nervus pudendus (über Nervi rectales inferiores) innerviert und besteht aus drei Anteilen:

- einer oberflächlichen unter der Analhaut gelegenen Pars subcutanea
- einer darunterliegenden Pars superficialis
- einer in der Tiefe unter der Pars superficialis liegenden Pars profunda.

Die drei Anteile sind ventral im Centrum perinei verankert und inserieren dorsal über das Ligamentum anococcygeum am Steißbein. Die Pars profunda ist eng mit den Musculi puborectalis und pubococcygeus sowie dem retrorektalen Bindegewebe verbunden. Sobald die Stuhlsäule die Zona alba erreicht, kontrahiert der Musculus sphincter ani externus zunächst reflektorisch.

Der **Musculus sphincter ani internus** stellt das verdickte untere Ende der Darmwandmuskulatur mit längs und quer verlaufenden glatten Muskelzellen dar (unwillkürlich). Der Muskel bildet das Zentrum des Kontinenzorgans. Er macht etwa 70 % der Kontinenzleistung aus. Der Muskel ist gewissermaßen in den Musculus sphincter ani externus hineingesteckt, dazwischen befindet sich Bindegewebe. Die Längsmuskulatur zieht außen an der Ringmuskulatur vorbei und endet mit elastischen Sehnen in der Haut (auch als Musculus corrugator ani bezeichnet). Die Ringmuskulatur des Musculus sphincter ani internus nimmt kaudalwärts an Stärke zu (im Vergleich zur übrigen Darmwand). Sie bildet den eigentlichen Sphinkter.

Der Muskel macht keine peristaltischen Kontraktionen durch, sondern befindet sich im Zustand der Dauerkontraktion. Im Rahmen der Defäkation erschlafft der Musculus sphincter ani internus kurz. Dieser Mechanismus basiert auf dem Fehlen intramuraler Ganglien im unteren Abschnitt des Musculus sphincter ani intermus. Die Innervation der glatten Muskulatur erfolgt hier durch extramurale cholinerge Nervenfasern (parasympathisch) sowie über adrenerge Nervenfasern (sympathisch) des Plexus hypogastricus inferior (pelvicus). Letztere bewirken die tonische Kontraktion (Muskelzellen besitzen nur Alpha-Rezeptoren).

Der Musculus sphincter ani internus hat kranial Verbindung zum Musculus puborectalis. Der Musculus puborectalis inseriert über schmale Muskelfasern und Sehnen, die den Musculus sphincter ani internus in schrägem Verlauf fächerförmig penetrieren, in der Analhaut. Die Muskelfasern und Sehnen werden oft noch als **Musculus canalis analis** spezifiziert.

Defäkation (anorektaler Reflex – Defäkationsreflex)

Ist die Ampulla recti gefüllt, wirkt die Wandspannung als Defäkationsreiz (Dehnungsrezeptoren in der Wand und sensible Rezeptoren im Analkanal). Letztere sind entlang der Linea dentata konzentriert und ermöglichen eine Erfassung der Stuhlkonsistenz – Steuerung des Tonus der Sphinktermuskulatur.

Der den anorektalen Übergang umfassende Musculus puborectalis (Teil des Musculus levator ani) erschlafft, sodass der Winkel der Flexura anorectalis (perinealis), der normalerweise etwa 90° beträgt und durch die Puborektalschlinge fixiert wird, verloren geht. Normalerweise verhindert die Flexura anorectalis (perinealis) die Defäkation. 410
Während der Defäkation erweitert sich der Winkel auf 130 – 140°; aus diesem Grund wird 411 der Analkanal begradigt, und die Kotsäule kann nach kaudal treten.

Sobald die Kotsäule die Zona alba erreicht, erschlafft der Musculus sphincter ani internus. Hierauf kontrahiert der Musculus sphincter ani externus zunächst reflektorisch, um einen unkontrollierten Stuhlabgang zu verhindern. Nun wird willkürlich die Entscheidung gefällt, beispielsweise: „Jetzt sofort eine Toilette aufsuchen oder bis nach der Vorlesung warten (herauszögern).“ Soll zunächst mit der Defäkation gewartet werden, wird der Musculus sphincter ani externus weiter willkürlich kontrahiert. Wenn er kontrahiert ist, verstärkt der Musculus sphincter ani externus die Funktion des Musculus puborectalis, indem er den anorektalen Übergang nach vorn zieht, um den Winkel der Flexura anorectalis (perinealis) zu steigern. Wird der Startschuss zur Defäkation gegeben, führt die Dehnung der Ampulla recti zu einer erneuten kurzzeitigen Erschlaffung des Musculus sphincter ani internus. Daraufhin kontrahiert der Musculus sphincter ani externus zunächst refektorisch, wird jetzt aber willkürlich entspannt (Nervus pudendus [S2 – S4]). Außerdem wird die Bauchpresse (Musculi obliqui externus und internus abdominis, transversus abdominis, rectus abdominis und Zwerchfell sowie Verschluss der Stimmritze) eingesetzt.

Das Fettgewebe der Fossa ischioanalis ermöglicht Veränderungen der Lage und Größe von Analkanal und Anus während der Defäkation. Im Rahmen der Austreibung bewegt sich der anorektale Übergang nach unten und hinten, und der Beckenboden senkt sich normalerweise leicht.

Die Ringmuskulatur des Rektums setzt eine peristaltische Welle zur Austreibung des Kots in Richtung Anus in Gang.

Da der Feinabschluss des Analkanals gegen das Rektum durch das subepitheliale Corpus cavernosum recti erfolgt (dieses ist normalerweise mit Blut gefüllt und bildet den Plexus venosus rectalis [haemorrhoidalis]), entleert sich das Schwellkörpergewebe kurz vor der Defäkation zunächst, um eine freie Passage zu gewährleisten. *Häufiges und starkes Pressen (Einsatz der Bauchpresse) trägt zur Ausbildung von Hämorrhoiden bei*.

Wenn der Kot aus dem Anus ausgetrieben wird, ziehen die Längsmuskulatur des Rektums sowie der Musculus levator ani den Analkanal wieder kranialwärts, der Kot wird ausgeschieden, und Anus und Rektum nehmen wieder ihre normale Position ein.

Die Rektumampulle besitzt eine Reservoirfunktion. Dadurch kommt es erst ab einer gewissen Füllmenge zum Stuhldrang.

Klinik

Kolon- und Rektumkarzinom

Kolon- und Rektumkarzinome sind häufig und führen unbehandelt meist zum Tode. Trotz großer Fortschritte in der Strahlen- und Chemotherapie und trotz verbesserter Operationstechniken ist die 5-Jahres-Überlebensrate nur leicht angestiegen.

Das biologische Verhalten kolorektaler Tumoren ist relativ leicht vorhersehbar. Die meisten Tumoren entwickeln sich aus gutartigen Polypen, von denen einige maligne entarten. Die allgemeine Prognose hängt ab vom:

- Grad der Tumorinfiltration in die Darmwand zum Zeitpunkt der Entdeckung
- Vorkommen von Lymphknotenmetastasen
- Vorkommen von Fernmetastasen.

Aufgrund der Lage von Kolon und Rektum in der Bauch- und Beckenhöhle sowie ihrer Nähe zu benachbarten Organen ist eine genaue Einstufung (Staging) kolorektaler Tumoren extrem wichtig: So könnte ein Tumor im Becken auf Uterus oder Harnblase übergreifen. Um festzustellen, ob ein Tumor metastasiert hat oder nicht, werden Ultraschall, Computertomographie und Magnet-resonanztomographie eingesetzt.

Ableitende Harnwege

In der Beckenhöhle befindet sich ein großer Teil der ableitenden Harnwege: der distale Abschnitt der Ureteren, die Harnblase und die proximalen Anteile der Urethra (Abb. 5.39).

Ureter

Die Harnleiter (Ureteren) verlaufen von der Bauchhöhle durch den Beckeneingang in die Beckenhöhle. Auf ihrem Weg passiert jeder Ureter vier Engstellen:

- 1. Ureterenge: Passage des unteren Nierenpols (Pars abdominalis)
- 2. Ureterenge: Unterkreuzung der Vasa testicularia/ovarica auf dem Musculus psoas major (Pars muscularis)
- 3. Ureterenge: Überkreuzung der Vasa iliaca externa (Pars pelvica)
- 4. Ureterenge: Durchtritt durch die Wand der Harnblase (Pars intramuralis).

Auf beiden Seiten zieht der Ureter durch den Beckeneingang und tritt vor der Gabelung der Arteria iliaca communis in die Beckenhöhle ein (Pars pelvica). Er verläuft dann weiter entlang der Beckenwand und dem Beckenboden, um schließlich in den Fundus der Harnblase einzutreten (Pars intramuralis).

411
412

Im Becken wird der Ureter überkreuzt:

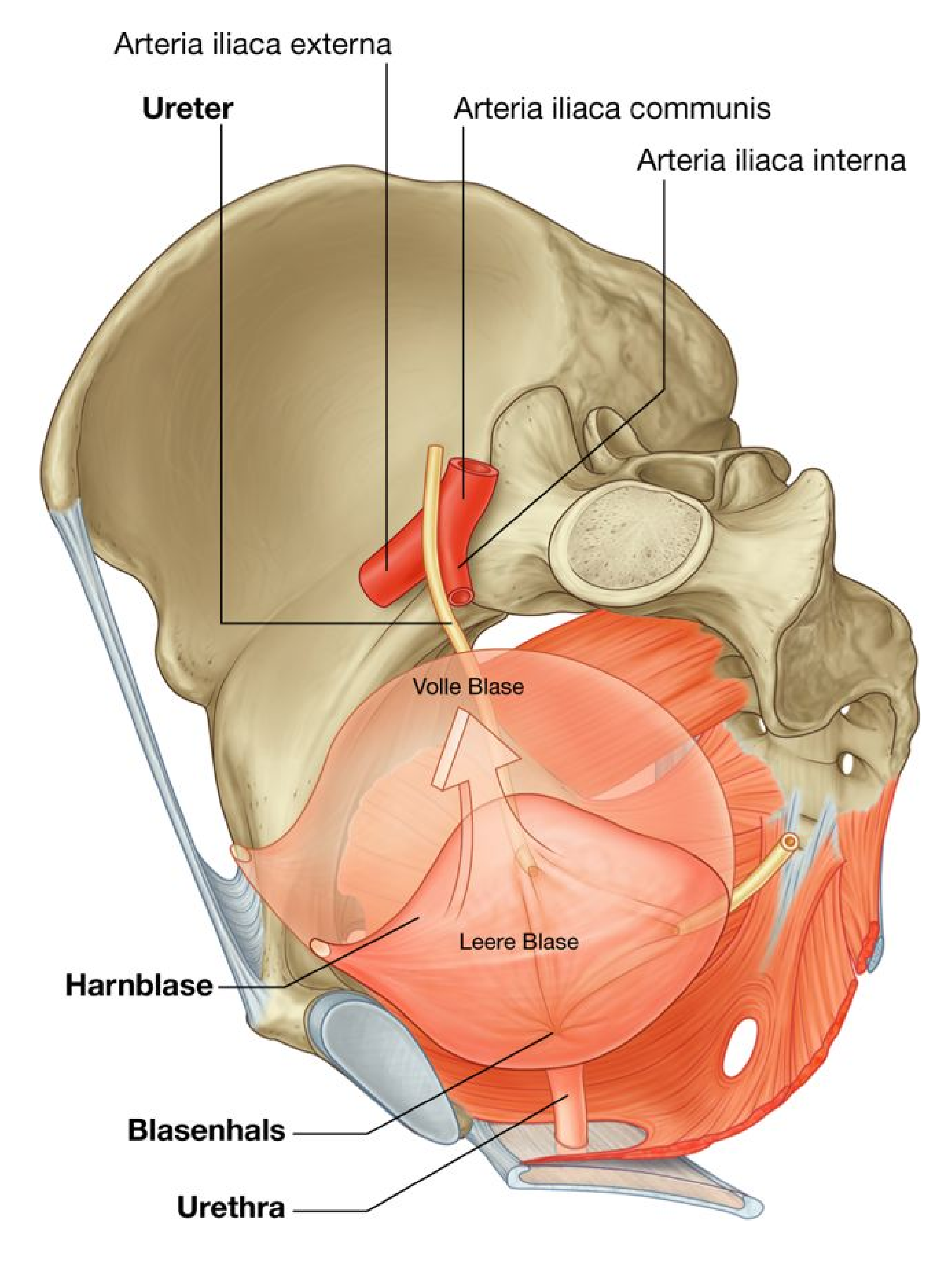
- beim Mann vom Ductus deferens
- bei der Frau von der Arteria uterina.

Vesica urinaria

Die Harnblase (Vesica urinaria) liegt von allen Beckenein-geweiden am weitesten ventral. Im leeren Zustand liegt sie völlig in der Beckenhöhle; im gefüllten Zustand dehnt sie sich bis in das Abdomen aus.

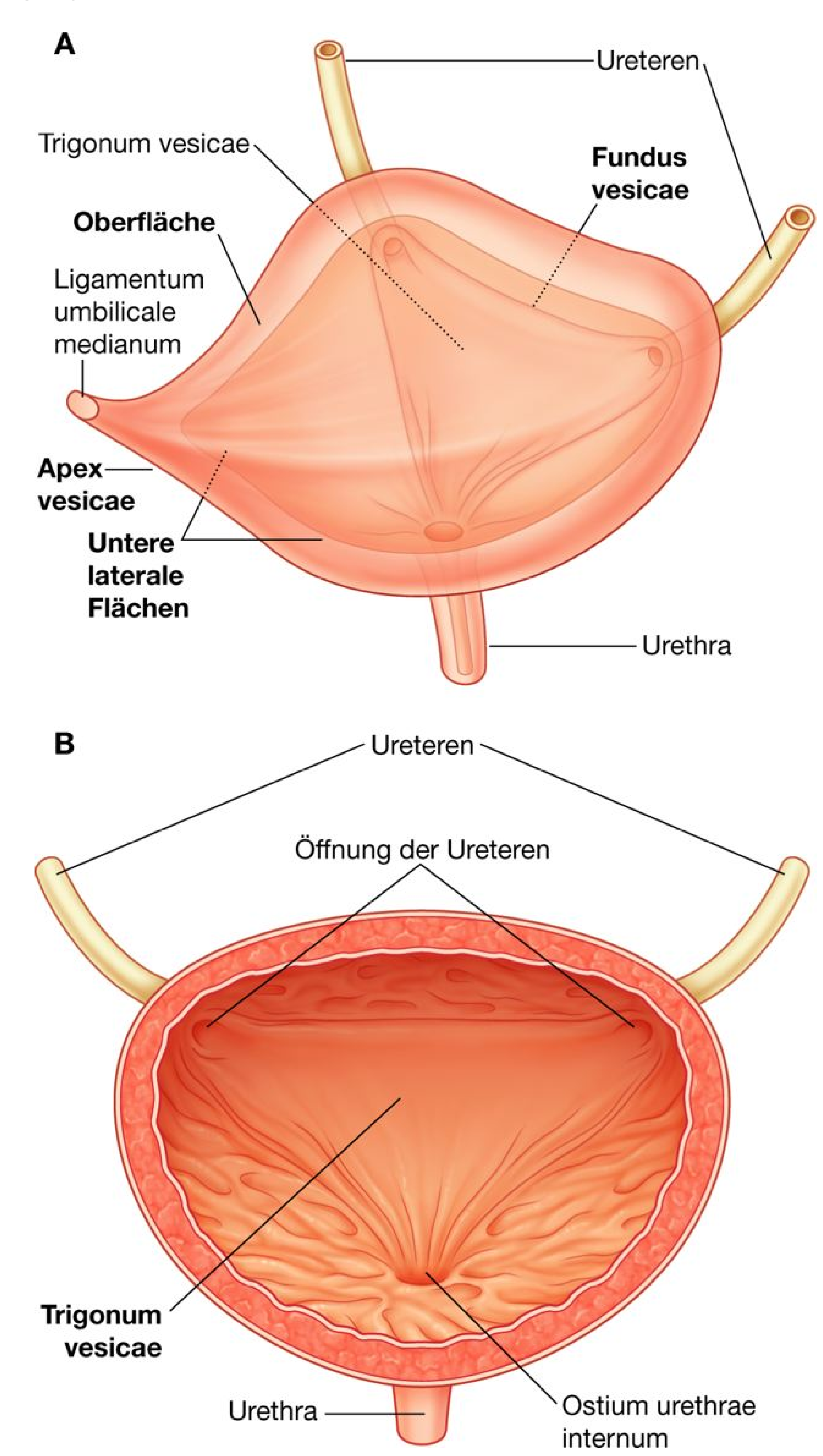
Die leere Blase hat die Form einer dreiseitigen Pyramide, die umgekippt ist und auf einer der drei Seiten liegt (Abb. 5.40A). Sie besteht aus Blasenspitze (Apex vesicae), Blasengrund (Fundus vesicae) und Blasenkörper (Corpus vesicae), der sich aus einer oberen und zwei unteren lateralen Flächen zusammensetzt:

Abb. 5.39



Beckenanteil der Harnwege.

Abb. 5.40



Harnblase. **A**. Ansicht von oben lateral. **B**. Trigonum vesicae. Ansicht von vorn, vorderer Teil der Blase entfernt.

- Die **Apex vesicae** ist direkt auf den oberen Anteil der Symphysis pubica gerichtet. Das **Ligamentum umbilicale medianum**, der Rest des embryonalen Urachus (Urnierengang, der an der Bildung der Blase beteiligt ist), verläuft vom Blasenscheitel die vordere Bauchwand hinunter bis zum Bauchnabel.

- Der **Fundus vesicae** sieht wie ein umgedrehtes Dreieck aus und ist nach dorsal unten gerichtet. Die beiden Ureteren ziehen jeweils an den oberen Ecken des Fundus vesicae in die Blase. Die Urethra verlässt die Blase an der unteren Fundusecke. Innen ist der Fundus vesicae mit Übergangsepithel ausgekleidet, das über eine dünne Lamina propria fest mit der darunterliegenden Muskelschicht der Blasenwand verzahnt ist (in der übrigen Blase ist die Schleimhaut nur locker mit der Unterlage verbunden und wirft im ungedehnten Zustand Falten auf). Der glatte dreieckige Bereich zwischen den Einmündungsstellen der Ureteren und dem Abgang der Urethra innerhalb der Blase wird als **Trigonum vesicae** bezeichnet (Abb. 5.40B).

412
413

- Die **unteren lateralen Flächen** der Blase sind zwischen den Musculi levatores ani des Diaphragma pelvis und den angrenzenden Musculi obturatorii interni oberhalb der Anheftung des Diaphragma pelvis befestigt. Die Oberfläche ist im ungefüllten Zustand leicht kuppelförmig und wölbt sich während der Blasenfüllung weiter kranialwärts.

Cervix vesicae

Der Blasenhals umgibt den Ursprung der Urethra an der Stelle, an der die seitlichen Unterflächen und der Fundus vesicae aneinandergrenzen.

Der Hals ist der kaudalste und auch der am stärksten befestigte Anteil der Blase. Er wird durch ein Paar starke fibromuskuläre Bänder in seiner Lage gehalten, die den Blasenhals und den Beckenabschnitt der Urethra mit dem dorsalen unteren Abschnitt des Os pubis verbinden:

- Bei der Frau werden die Bänder als **Ligamenta pubovesicalia** (Abb. 5.41A) bezeichnet. Zusammen mit dem Diaphragma urogenitale, den Musculi levatores ani und den Ossa pubis unterstützen sie die Blase.

- Beim Mann werden die Bänder als **Ligamenta puboprostatica** bezeichnet, da sie in die fibröse Kapsel der Prostata, die den Blasenhals und den angrenzenden Teil der Urethra umgibt, einstrahlen (Abb. 5.41B).

Während sich die Blase beim Erwachsenen in der Beckenhöhle befindet, nimmt sie bei Kindern eine höhere Lage ein. Bei der Geburt befindet sie sich fast vollständig im Abdomen, und die Urethra beginnt annähernd am Oberrand der Symphysis pubica. Mit zunehmendem Alter deszendiert die Blase, bis sie nach der Pubertät die beim Erwachsenen beschriebene Lage einnimmt.

Abb. 5.41

A

Ligamentum pubovesicale

B

Öffnung für die Vagina
im Diaphragma urogenitale

Ligamentum puboprostaticum

Prostata

Bänder, die Blasenhals und den Beckenabschnitt der Urethra mit den Ossa coxae verbinden. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Klinik

Blasenkrebs

Blasenkrebs (Abb. 5.42) ist der häufigste urologische Tumor und tritt meist während des sechsten oder siebten Lebensjahrzehnts auf. Allerdings nimmt die Häufigkeit bei jüngeren Patienten zu.

Ungefähr ein Drittel der Blasentumoren ist multifokal; glücklicherweise liegen zwei Drittel der Tumoren oberflächlich und können lokal behandelt werden.

Blasenkarzinome können die Blasenwand durchbrechen und auf benachbarte Strukturen, wie Rektum, Uterus bei der Frau und Beckenwände, übergreifen. Bei männlichen Patienten ist eine Beteiligung der Prostata häufig. Die Krankheit breitet sich über die regionären Lymphknoten aus. Selten siedeln sich Fernmetastasen in der Lunge ab.

Frühe Tumorstadien werden durch lokale Resektion mit Blasenerhalt behandelt. Multifokale Tumoren können durch lokaler Chemotherapie behandelt werden; ausgedehntere Tumoren benötigen eine radikalchirurgische Resektion der Blase und bei Männern ebenfalls der Prostata.

Große Blasentumoren können Komplikationen durch Invasion und Obstruktion der Ureteren verursachen. Die Obstruktion des Ureters kann zur Nierenstauung und damit zum Nierenversagen führen. Zudem kann eine Tumorinvasion in andere angrenzende Strukturen der Beckenhöhle zu Symptomen führen.

Abb. 5.42



Intravenöses Urogramm, das einen kleinen Tumor in der Blasenwand zeigt.

Klinik

Harnsteine

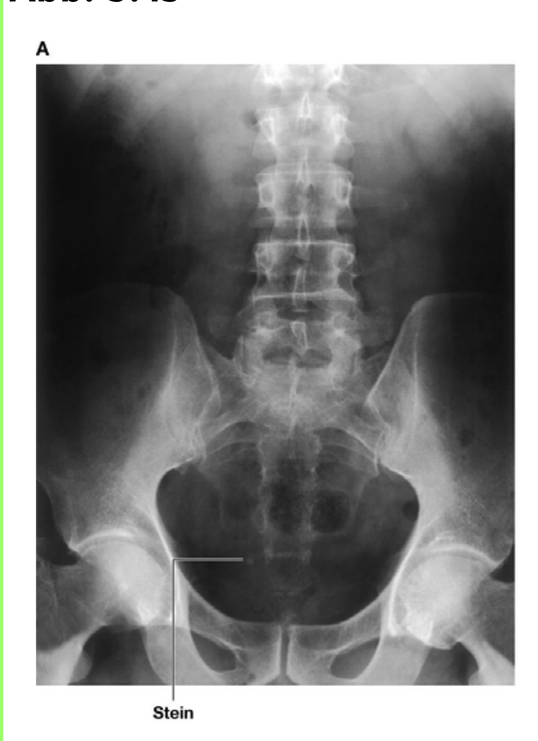
Wenn das Löslichkeitsprodukt mancher Substanzen im Harn (z.B. Harnsäure) überschritten wird, bilden sich Krisallisationskerne, die bei Fortbestand der Stoffwechsellage größer werden und bei manchen Patienten in der Niere als kleine Konkremente (Harnsteine) in Erscheinung treten. Die Steine können aus dem

Nierenbecken in die Ureteren gelangen und hier eine Obstruktion oder eine Nierenkolik verursachen, sie können aber auch in die Blase abgehen (Abb. 5.43), in der diese Konkremente durch Anlagerung unlöslicher Salze wachsen. Oft entwickeln die Patienten (oder haben bereits) Probleme bei der Blasenentleerung, sodass Restharn bestehen bleibt, der sich sekundär infiziert. Dadurch verändert sich sein pH-Wert, und es kommt zur weiteren Ausfällung unlöslicher Salze und zum Steinwachstum.

Sofern Harnsteine klein genug sind, können sie mit speziellen Instrumenten transurethral entfernt werden. Sind sie zu groß, kann es notwendig sein, einen supra-pubischen operativen Eingrifff vorzunehmen und die Steine über einen retroperitonealen Zugang zur Blase zu entfernen. Dabei gelangt der Chirurg oberhalb der Symphyse durch das Spatium retropubicum (Retzius-Raum) in die Blase. Dieser Zugang wird auch bei Eingriffen an der Prostata und den Vesiculae seminales (Samenbläschen) gewählt.

414
415

Abb. 5.43





Intravenöses Urogramm, das einen Blasenstein im unteren Abschnitt des Ureters zeigt. **A**. Kontrolle. **B**. Nach der Miktion.

Urethra

Die Harnröhre (Urethra) beginnt am Blasenfundus und öffnet sich in der Regio perinealis nach außen. Sie hat bei Mann und Frau einen unterschiedlichen Verlauf.

Bei der Frau

Bei der Frau ist die Urethra kurz (ca. 4 cm). In ihrem geraden Verlauf durch den Beckenboden zur Regio perinealis passiert die Urethra den Recessus anterior der Fossa ischioanalis und das Diaphragma urogenitale. Sie mündet anschließend zwischen den Labia minora in das Vestibulum vaginae (Abb. 5.44A). In das Lumen der Urethra münden zahlreiche subepithelial liegende muköse Glandulae urethrales (Littré-Drüsen).

Im Vestibulum vaginae befindet sich die Öffnung der Urethra vor der Öffnung der Vagina. Der untere Anteil der Urethra ist an der Vorderwand der Vagina befestigt. Am kaudalen Ende befinden sich zwei kleine paraurethrale muköse Drüsen **(Skene-Drüsen)**, die jeweils über einen Gang **(Skene-Gänge)** an der lateralen Begrenzung der äußeren Öffnung (Ostium urethrae externum) münden.

Beim Mann

Beim Mann ist die Urethra ungefähr 20 cm lang und besitzt in ihrem Verlauf zwei Krümmungen (Abb. 5.44B). Die Urethra entspringt am Blasenfundus und tritt via Prostata, Recessus anterior der Fossa ischioanalis sowie Diaphragma urogenitale in die Peniswurzel ein. Wenn die Urethra den Recessus anterior der Fossa ischioanalis verlässt, biegt sie nach vorn, um in die Peniswurzel zu gelangen (Curvatura infrapubica). Beim nicht erigierten Penis besteht außerdem eine Krümmung zwischen Wurzel und Körper des Penis (Curvatura prepubica), die beim aufrechten Stand durch die Schwerkraft hervorgerufen wird. Während der Erektion ist die Krümmung aufgehoben.

Die männliche Urethra wird in Pars preprostatica, Pars prostatica, Pars membranacea und Pars spongiosa unterteilt.

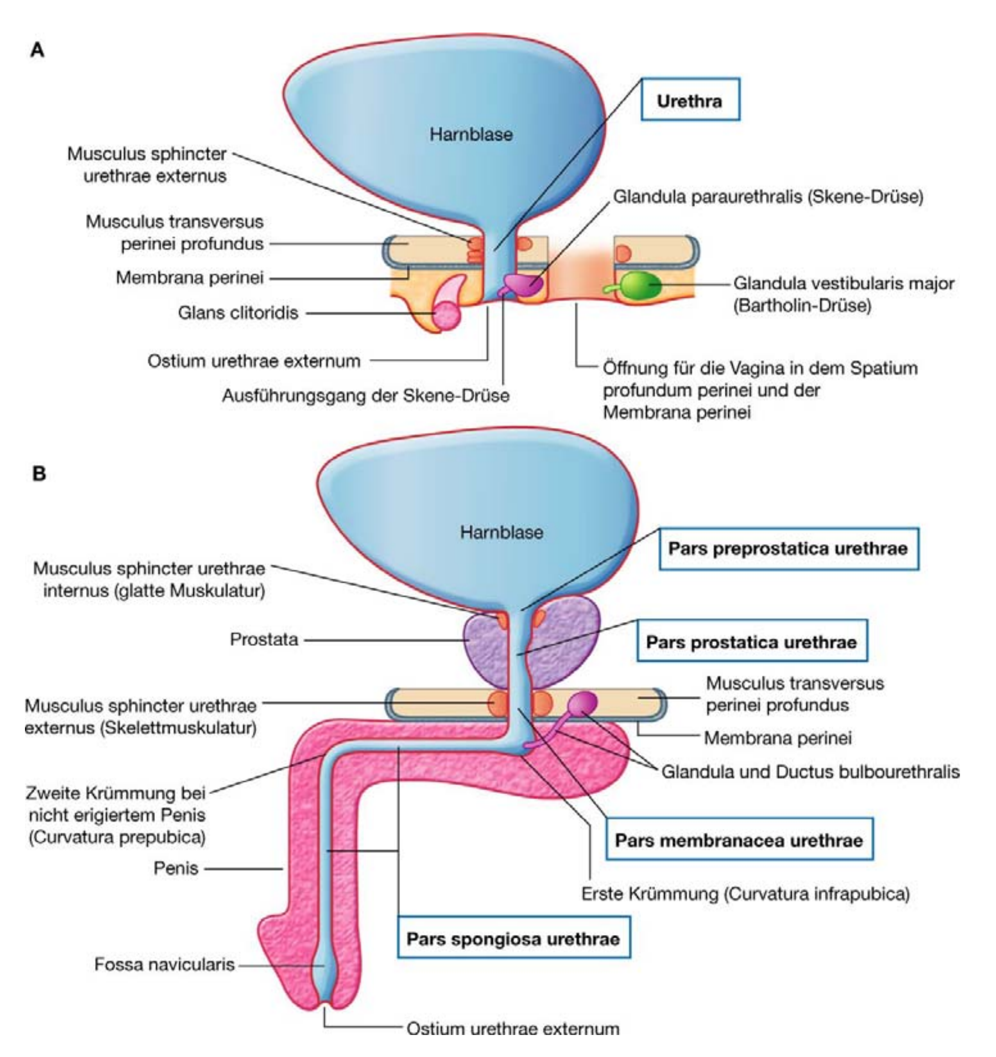
Pars preprostatica urethrae

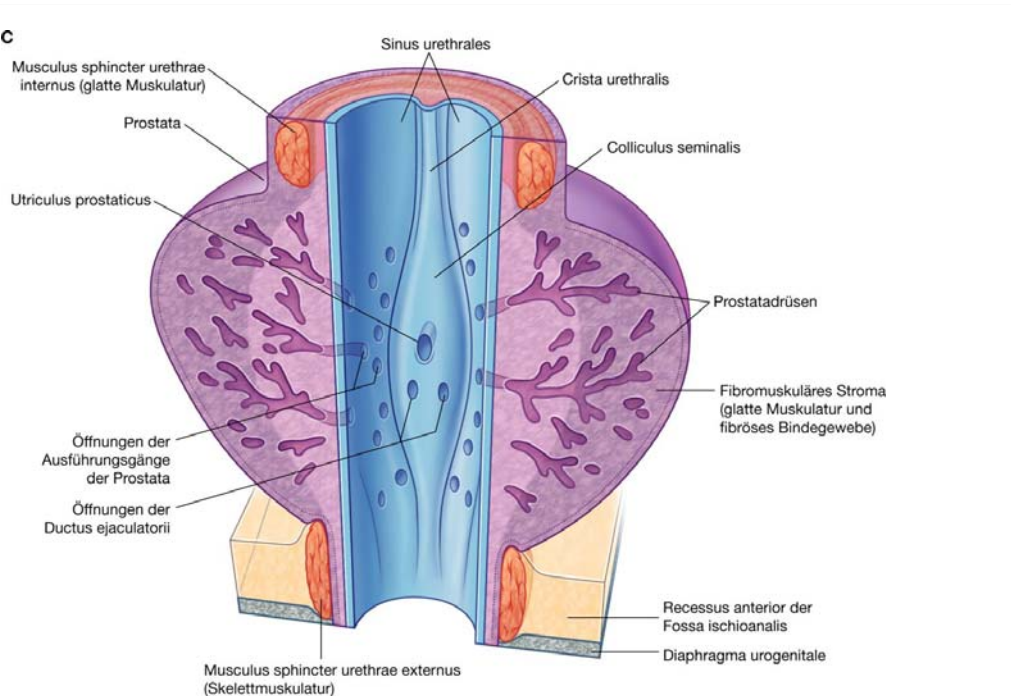
Die Pars preprostatica der Urethra ist etwa 1 cm lang, erstreckt sich vom Blasenfundus zur Prostata und ist von einer Manschette weicher Muskelfasern umgeben **(Musculus sphincter urethrae externus)**. Die Kontraktion des Muskels verhindert die retrograde Bewegung von Sperma in die Harnblase während der Ejakulation.

Pars prostatica urethrae

Die Pars prostatica der Urethra (Abb. 5.44C) ist 3 – 4 cm lang und von der Prostata umgeben. In diesem Teil der Urethra befindet sich in der Mittellinie eine longitudinale Schleimhautfalte, die **Crista urethralis**. Die Vertiefungen zu beiden Seiten der Crista urethralis werden als **Sinus prostatici** bezeichnet; die Ausführungsgänge der Prostata münden in die beiden Sinus ein.

Abb. 5.44





Urethra. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann. **C**. Pars prostatica urethrae beim Mann.

Etwa auf halber Strecke ist die Crista urethralis zu einer kreisförmigen Erhebung aufgeworfen, dem Samenhügel **(Colliculus seminalis)**.*Anhand des Colliculus seminalis kann beim Mann die Lage der Prostata im Rahmen einer transurethralen Prostataresektion festgestellt werden.*

Im Zentrum des Colliculus seminalis öffnet sich ein kleiner Blindsack, der **Utriculus prostaticus**, den man als Uterushomolog betrachtet. Seitlich des Utriculus prostaticus befindet sich jeweils eine Öffnung des Ductus ejaculatorius des männlichen Reproduktionstrakts. Die Vereinigung von Harnwegen und Aufführungsgangsystem des Reproduktionstrakts ist beim Mann die Pars prostatica der Urethra.

Pars membranacea urethrae

Die Pars membranacea der Urethra ist eng und verläuft durch das Spatium profundum perinei (Abb. 5.44B). Dabei ist sie von Skelettmuskulatur des **Musculus sphincter urethrae externus** umgeben.

Pars spongiosa urethrae

Die Pars spongiosa der Urethra wird von Schwellkörpergewebe **(Corpus spongiosum penis)** des Penis ummantelt. Das Schwellkörpergewebe verdickt sich an der Basis des Penis zum Bulbus penis und erweitert sich an dessen distalem Ende zur **Fossa navicularis** (Abb. 5.44B). Die beiden Glandulae bulbourethrales (Cowper-Drüsen) im Spatium profundum perinei sind Teil des männlichen Reproduktionstrakts und öffnen sich in den Bulbus penis. Sie bilden ein schleimiges fadenziehendes Sekret (sog. Freudentropfen). Das Ostium urethrae externum ist der sagittale Schlitz auf der Glans penis.

417

418

Klinik

Blasenkatheter, urethraler

Eine Katheterisierung der Urethra wird oft bei miktionsunfähigen Patienten zur Entleerung der Harnblase durchgeführt. Beim Einführen des Katheters ist es wichtig, die geschlechtsabhängige Anatomie des Patienten zu beachten.

Beim Mann:

- Die Pars spongiosa der Urethra ist direkt unterhalb des Recessus anterior der Fossa ischioanalis von Schwellkörpergewebe des Bulbus penis ummantelt. Die Wand des kurzen Urethrasegments ist recht dünn und aufgrund der Passage durch den Recessus anterior der Fossa ischioanalis kranialwärts abgewinkelt; an dieser Stelle ist die Urethra gegenüber iatrogener Schädigung sehr vulnerabel, vor allem im Rahmen einer Zystoskopie.
- Die Pars membranacea der Urethra verläuft durch den Recessus anterior der Fossa ischioanalis nach kranial.

- Die Pars prostatica der Urethra verläuft bei ihrer Passage durch die Prostata in einer leicht konkaven Kurve nach vorn.

Bei Frauen ist es viel leichter, Katheter oder ein Zystoskop einzuführen, da die Urethra kurz und gerade ist. Urin kann deswegen leicht und ohne große Gefahr einer Harnröhrenruptur aus einer überfüllten Harnblase drainiert werden. Gelegentlich gelingt es nicht, ein Instrument zur Drainage der Blase in die Urethra einzuführen, meist bei einer Verengung der Urethra oder einer Vergrößerung der Prostata. In diesen Fällen kann man mittels Ultraschall des unteren Abdomens eine volle Blase (Abb. 5.45) oberhalb der Symphyse erkennen. Unter Lokalanästhesie kann ein suprapubischer Blasenkatheter durch einen kleinen Schnitt mit minimalem Trauma in die Blase eingeführt werden. Dabei wandert die Punktionsnadel durch das Spatium retropubicum (Retzius-Raum).

Abb. 5.45



Ultraschall der Harnblase. **A**. Volle Harnblase. **B**. Harnblase nach der Miktion.

418

419

Klinik

Harnblaseninfektion

Die relativ kurze Urethra bei Frauen macht sie anfälliger für Harnblaseninfektionen als bei Männern. Harnwegsinfekte führen bei Frauen üblicherweise zur Harnblasenentzündung (Zystitis). Die Infektion kann in den meisten Fällen oral mit Antibiotika behandelt werden und heilt ohne Komplikationen aus. Bei Kindern kann sich eine Infektion im ersten Lebensjahr von der Blase über die Ureteren in die Niere ausbreiten und dort eine Zerstörung der Niere bis hin zum Nierenversagen verursachen. Frühe Diagnose und sofortige Therapieeinleitung sind notwendig.

Reproduktionstrakt

Beim Mann

Die Bestandteile des männlichen Reproduktionstrakts befinden sich in Abdomen, Becken und Regio perinealis (Abb. 5.46A). Hauptbestandteile sind Hoden, Nebenhoden, Ductus deferens und Ductus ejaculatorius auf beiden Seiten sowie Urethra und Penis in der Mittellinie. Außerdem gehören drei akzessorische Drüsen zum Reproduktionstrakt:

- die unpaare Prostata (Vorsteherdrüse)
- zwei Vesiculae seminales (Bläschendrüsen)
- zwei Glandulae bulbourethrales (Cowper-Drüsen).

Der männliche Reproduktionstrakt besteht praktisch aus einer Reihe von Gängen und Tubuli. Die Anordnung der Bestandteile und die Verbindung zu den Harnwegen spiegeln die embryonale Entwicklung wider.

Testes

Die **Hoden (Testes)** entwickeln sich ursprünglich im Bereich der hinteren Bauchwand und deszendieren dann, in der Regel vor der Geburt, entlang dem Gubernaculum testis durch den Leistenkanal (Canalis inguinalis) der vorderen Bauchwand in das Skrotum der Regio perinealis. Auch die testikulären Blut- und Lymphgefäße sowie der Hauptausführungsgang des Hodens, der **Samenleiter (Vas deferens, Ductus deferens)**, deszendieren mit den Hoden. Deshalb erfolgt der Lymphabfluss der Hoden über die paraaortalen Lymphknoten des Abdomens und nicht über pelvine oder inguinale Lymphknoten.

Jeder ellipsoide Hoden ist von einer lang gezogenen Hülle aus Muskulatur und Faszien umgeben, die mit der vorderen Bauchwand verbunden ist und in das Skrotum reicht. Der **Samenstrang (Funiculus spermaticus)** stellt eine röhrenförmige Verbindung zwischen der Hülle im Skrotum und der Bauchwand dar.

Ventral und lateral ist der Hoden von Peritoneum umhüllt **(Tunica vaginalis testis)**, das ursprünglich mit der Bauchhöhle verbunden war. Normalerweise geht die Verbindung nach dem Deszensus verloren und bleibt nur als Bindegewebsstrang erhalten.

Jeder Hoden (Abb. 5.46B) besteht aus Samenkanälchen (Tubuli seminiferi) und interstitiellem Gewebe. Er wird von einer dicken Bindegewebskapsel umgeben, der **Tunica albuginea**. In den Tubuli seminiferi werden Spermatozoen produziert. Die 400 bis 600 stark gewundenen Tubuli seminiferi contorti gehen an beiden Enden in die geraden Tubuli seminiferi recti über und gewinnen Anschluss an eine Sammelstation **(Rete testis)**, die sich innerhalb einer dicken, vertikal orientieren Bindegewebsverdichtung befindet **(Mediastinum testis)**. Letztere zieht von der Kapsel zur Hinterseite des Hodens. Vom oberen Ende des Rete testis entspringen 12 bis 20

Ductuli efferentes, die die Tunica albuginea durchbrechen und Anschluss an den Nebenhoden (Epididymis) gewinnen.

Klinik

Hodentumoren

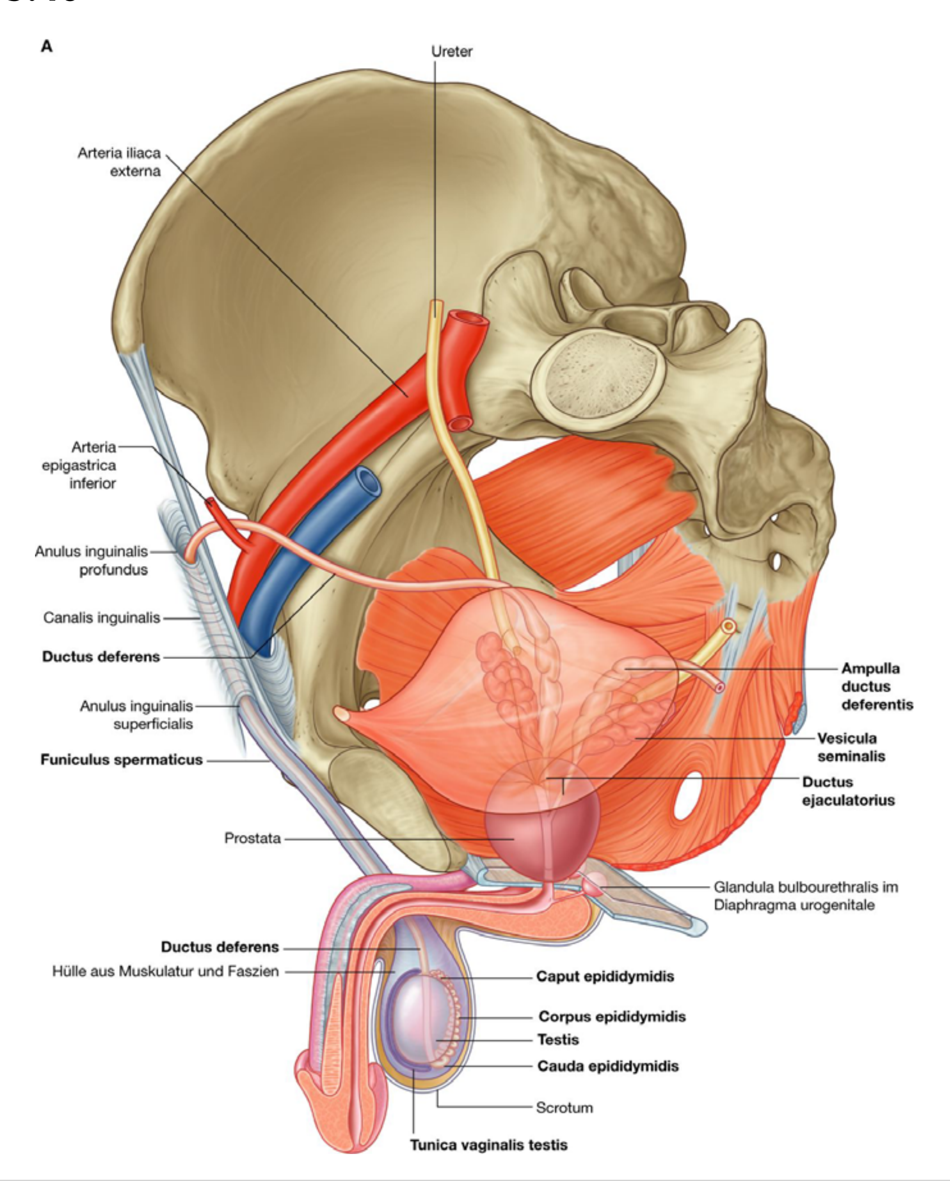
Hodentumoren machen einen kleinen Teil der malignen Neoplasien bei Männern aus. Sie treten im Allgemeinen bei jüngeren Patienten (zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr) auf. Werden sie in einem frühen Stadium diagnostiziert, können sie meist erfolgreich durch Operation und Chemotherapie behandelt werden.

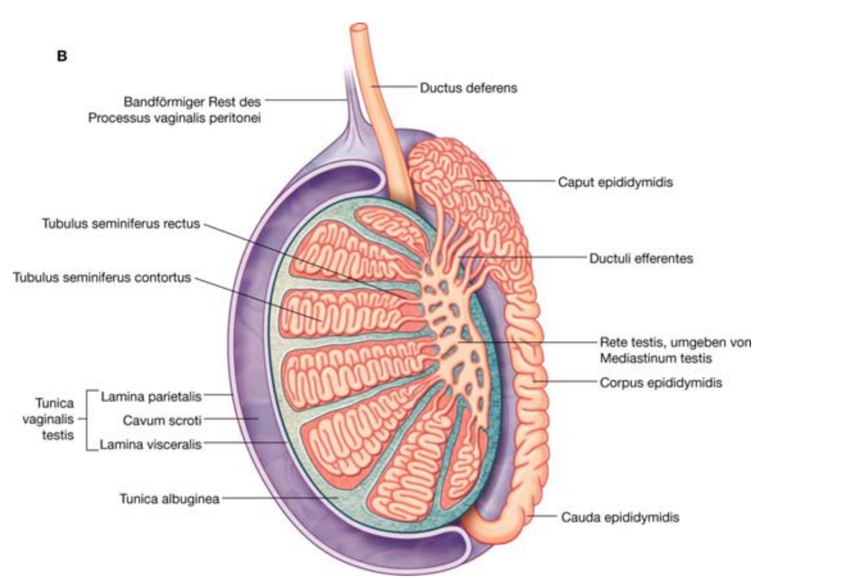
Die frühe Diagnose eines Hodentumors ist extrem wichtig. Abnorme Verhärtungen sind palpabel; die Diagnose erfolgt durch Ultraschall, der die Ausdehnung des lokalen Tumors normalerweise schon in einem frühen Stadium darstellt.

Die chirurgische Entfernung des entarteten Gewebes erfolgt oft von der Leistengegend aus. Der Hoden wird normalerweise nicht durch einen Skrotalschnitt entfernt, weil es dabei zur Streuung von Tumorzellen in das subkutane Gewebe des Skrotums kommen kann, das einen anderen Lymphabfluss hat als der Hoden.

419

Abb. 5.46





Männlicher Reproduktionstrakt. **A**. Übersicht. **B**. Testis und benachbarte Strukturen.

Epididymis

Der **Nebenhoden (Epididymis)** ist ein einzelner langer, gewundener Gang an der dorsolateralen Seiten des Hodens (Abb. 5.46B). Er besteht aus zwei Anteilen:

- den **Ductuli efferentes**, die als große gewundene Masse am oberen Pol an der Hinterseite des Hodens das **Caput epididymidis** bilden
- dem **Nebenhodengang (Ductus epididymidis)**, einem langen gewundenen Gang, der den Ausführungsgang aller Ductuli efferentes bildet, als **Corpus epididymidis** an der lateralen Hinterseite des Hodens befestigt ist und sich kaudalwärts am unteren Hodenpol zur **Cauda epididymidis** erweitert.

Auf ihrer Passage durch die Nebenhoden erwerben die Spermatozoen die Fähigkeit, sich zu bewegen, und werden befruchtungsfähig. Außerdem speichert der Nebenhoden Spermatozoen bis zur Ejakulation. Das proximale Ende des Nebenhodens setzt sich in den Ductus deferens fort.

Ductus deferens

Der **Samenleiter (Ductus deferens)** ist ein langer Muskelgang, der Spermatozoen von der Cauda epididymidis im Skrotum zum Ductus ejaculatorius in der Beckenhöhle transportiert (Abb. 5.46A). Er aszendiert vom Skrotum als Teil des Funiculus spermaticus und verläuft durch den Leistenkanal zur vorderen Bauchwand.

Nach seinem Durchtritt durch den Anulus inguinalis profundus verläuft der Ductus deferens nach medial um die laterale Seite der Arteria epigastrica inferior herum, kreuzt Arteria und Vena iliaca externa am Beckeneingang und tritt in die Beckenhöhle ein.

Der Ductus deferens zieht unter dem Peritoneum an der Beckenwand medial nach unten und kreuzt hinter der Harnblase den Ureter. Er verläuft ventral des Rektums entlang dem Fundus vesicae nach kaudal medial bis fast zur Mittellinie. Hier vereinigt er sich mit dem Ausführungsgang der Glandula seminalis zum Ductus ejaculatorius.

Zwischen Ureter und Ductus ejaculatorius erweitert sich der Samenleiter zur Ampulla ductus deferentis. Der Ductus ejaculatorius zieht durch die Prostata und gewinnt Anschluss an die Pars prostatica urethrae.

421

422

Klinik

Vasektomie

Der Ductus deferens transportiert Spermatozoen von der Cauda epididymidis im Skrotum zum Ductus ejaculatorius in der Beckenhöhle. Da er eine dicke Wand aus glatter Muskulatur besitzt, ist er im Funiculus spermaticus (Samenstrang) zwischen Hoden und Anulus inguinalis superficialis gut tastbar. Die gute Zugänglichkeit des Ductus deferens im Funiculus spermaticus macht man sich im Rahmen der

Schwangerschaftsverhütung zunutze, um den Ductus deferens chirurgisch zu durchtrennen. Wird die Dissektion auf beiden Seiten durchgeführt (Vasektomie), ist der Patient steril – eine einfache und nützliche Verhütungsmethode für Männer, die keinen Kinderwunsch mehr haben.

Vesicula seminalis

Jede Samenblase (Vesicula seminalis) ist eine akzessorische Drüse des männlichen Reproduktionstrakts, die sich als blind endender Gang aus dem Ductus deferens entwickelt (Abb. 5.46A). Der Gang besteht aus einem etwa 15 cm langen, unregelmäßig geformten Schlauch, der auf 5 cm zusammengefaltet und von einer Bindegewebskapsel umgeben ist. Die Wand enhält glatte Muskulatur, die dem Austreiben des Sekrets während der Ejakulation dient. Die Samenbläschen erstrecken sich als longitudinale Struktur zwischen Harnblase und Rektum in der Fascia rectoprostatica (Septum rectovesicale, Denonvillier-Faszie). Die Drüse befindet sich unmittelbar lateral des Ductus deferens und folgt seinem Verlauf am Fundus vesicae durch die Fascia rectoprostatica.

Der Ausführungsgang (Ductus excretorius) der Samenblase vereinigt sich mit dem Ductus deferens zum **Ductus ejaculatorius**. Die Vesicula seminalis bildet den Großteil der Flüssigkeit des Ejakulats (Sperma, Samen). Das Sekret ist leicht alkalisch (pH 7,29) und enthält viel Fruktose zur Ernährung der Spermien.

Prostata

Die **Vorsteherdrüse (Prostata)** ist eine unpaare akzessorische Drüse des männlichen Reproduktionstrakts, die die Urethra in der Beckenhöhle umgibt (Abb. 5.46A). Sie befindet sich unmittelbar unterhalb der Harnblase, dorsal der Symphysis pubica und ventral des Rektums.

Die Prostata sieht wie ein umgedrehter runder Konus mit einer größeren Grundfläche aus, die kranialwärts in den Blasenhals übergeht, und einer schmalen Spitze, die kaudal auf dem Beckenboden ruht. Die unteren Seitenflächen der Prostata stehen mit den Musculi levatores ani in Verbindung, zwischen denen die Prostata aufgehängt ist.

Die Prostata entwickelt sich aus 30 – 40 Einzeldrüsen, die vom Epithel der Urethra in die umgebende Wand der Urethra einwachsen. Gemeinsam bilden die einzelnen Drüsen mit vielen glatten Muskelzellen im Stroma (sind charakteristisch für die Prostata und dienen dem „Ausquetschen“ der Drüsenschläuche während der Ejakulation) die Prostata um die Urethra. Die Drüsen behalten dabei ihre eigenen Ausführungsgänge, die sich unabhängig voneinander in die Sinus prostatici im dorsalen Anteil des Lumens der Urethra öffnen (Abb. 5.44).

Die Prostata bildet ein leicht saures Sekret (pH 6,45), das Zink, Proteasen, Zitronensäure, Spermin (macht den kasta-nienblütenartigen Geruch des Sekrets aus und wirkt motilitätsfördernd), Spermidin, Prostaglandine und prostataspezifisches Antigen (wird in das Blut abgegeben und dient als Tumormarker) enthält. Das Sekret der Prostata trägt

zusammen mit dem Sekret der Samenbläschen zur Bildung des Spermas während der Ejakulation bei.

Der Ductus ejaculatorius zieht fast senkrecht durch den dorsalen Anteil der Prostata nach vorne unten und mündet in die Pars prostatica urethrae.

Die Prostata wird (meist nach McNeal) in verschiedene Zonen eingeteilt: a) eine periphere Zone (ca. 70 % der Organmasse; hinterer, seitlicher und kaudaler Bereich), b) eine zentrale Zone (ca. 25 % der Organmasse; kranialer, eher keilförmiger Bereich, durch den die Ductus ejaculatorii hindurchtreten), c) eine Periurethralzone (1,5 % der Organmasse; umgibt als schmale Manschette aus kurzen urethra-eigenen Drüsen in der glattmuskulären Wand das proximale Urethrasegment), d) eine Transitionszone (Übergangszone; zwei Bereiche, die seitlich vom proximalen Urethrasegment zwischen Periurethralzone und peripherer Zone liegen) und e) eine ventrale drüsenfreie Zone aus fibromuskulärem Stroma. Die Drüsenzonen sind unterschiedlich anfällig für pathologische Veränderungen. Sie lassen sich mittels transrektalen Ultraschalls voneinander abgrenzen.

422

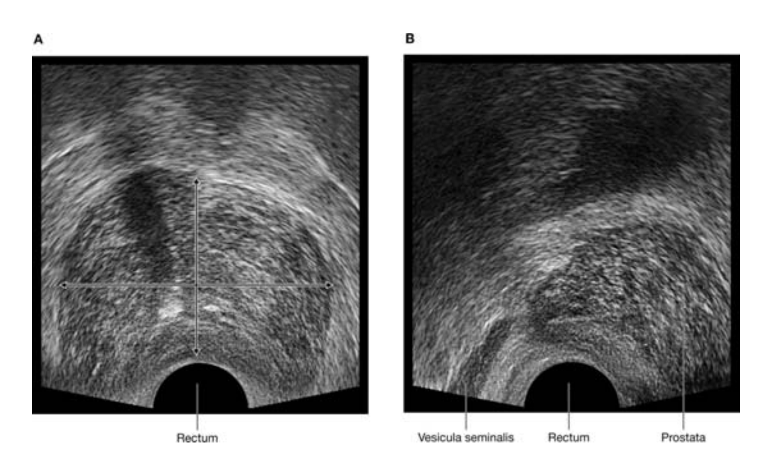
423

Klinik

Prostataerkrankungen

Prostatakrebs ist eines der häufigsten Malignome bei Männern. Oft ist die Erkrankung in ihrem Verlauf schon weit fortgeschritten. Prostatakarzinome befinden sich häufig in der peripheren Zone der Prostata und sind oft asymptomatisch. In vielen Fällen werden sie durch eine digitale rektale Untersuchung und eine Blutuntersuchung, die die saure Phosphatase und das prostataspezifische Antigen (PSA) beinhaltet, diagnostiziert. Bei der rektalen Untersuchung fühlt sich die entartete Prostata „steinhart“ an. Die Diagnose wird gewöhnlich anhand mehrerer Biopsien gestellt. Während der Biopsie setzt man Ultraschall zur Durchführung von Messungen und zur Platzierung der Biopsienadel ein (Abb. 5.47).

Abb. 5.47



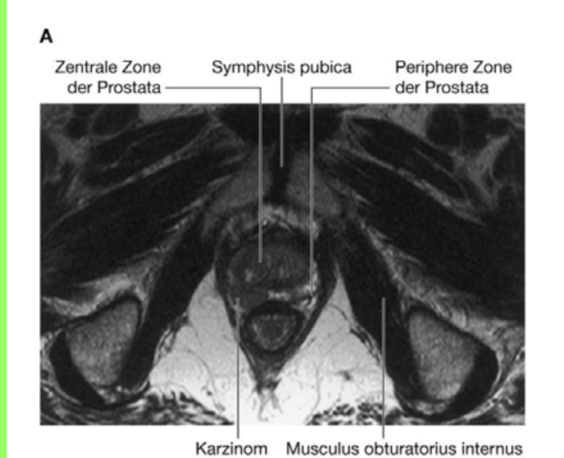
Rektaler Ultraschall, der eine klinisch normale Prostata zeigt. **A**. Transversale Ansicht. Die Grenzen der Prostata sind durch Pfeile markiert. **B**. Sagittale Ansicht. Auch das Samenbläschen ist erkennbar.

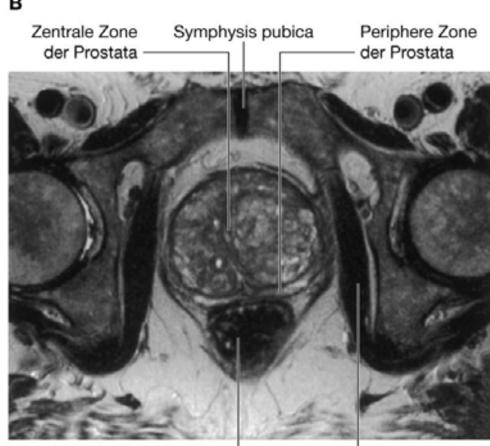
Mit steigendem Lebensalter erkranken die meisten Männer an benigner Prostatahypertrophie. Sie betrifft im Allgemeinen die zentrale Zone der Prostata, die sich allmählich vergrößert. Bei der rektalen Untersuchung fühlt sich die Prostata „prallelastisch“ und vergrößert an. Durch die zentrale Hypertrophie der Prostata wird die Urethra meist so stark komprimiert, dass sich eine Harnabflussbehinderung entwickelt. Diese führt mit der Zeit zu einer Hypertrophie der Blase, die ständig gegen das Abflusshindernis anarbeiten muss (Balkenblase). Bei manchen Patienten entwickelt sich eine so schwerwiegende Obstruktion, dass kein Harn mehr abfließen kann und eine sofortige transurethrale oder suprapubische Katheterisierung notwendig ist. Obwohl die Prostatahypertrophie eine gutartige Erkrankung ist, hat sie bei vielen Patienten erhebliche Auswirkungen auf den Alltag und die Lebensqualität (Abb. 5.48).

423

424

Abb. 5.48





Axiale T2-gewichtete Magnetresonanztomographie von Prostataerkrankungen. **A**. Ein kleines Prostatakarzinom in der peripheren Zone einer normal großen Prostata. **B**. Benigne Prostatahypertrophie.

Glandulae bulbourethrales

Die beiden **Glandulae bulbourethrales (Cowper-Drüsen)** sind kleine, erbsenförmige muköse Drüsen im Diaphragma urogenitale (Abb. 5.46A). Sie befinden sich lateral der Pars membranacea urethrae entlang dem Musculus sphincter urethrae externus. Die Ausführungsgänge beider Drüsen ziehen kaudal medial durch die Membrana perinei, um dann in den Bulbus der Pars spongiosa urethrae an der Peniswurzel zu münden.

Zusammen mit kleinen Drüsen entlang der Pars spongiosa tragen die Glandulae bulbourethrales zur Lubrikation der Urethra und zur Absonderung eines präejakulatorischen Sekrets aus dem Penis bei.

Bei der Frau

Der weibliche Reproduktionstrakt befindet sich hauptsächlich in der Beckenhöhle und der Regio perinealis, obwohl der Uterus während der Schwangerschaft in die Bauchhöhle tritt. Hauptbestandteile des weiblichen Reproduktionstrakts sind:

- ein Ovar auf jeder Seite
- Uterus, Vagina und Klitoris in der Mittellinie (Abb. 5.49).

Außerdem sind zwei akzessorische Drüsen, die beiden **Glandulae vestibulares majores (Bartholin-Drüsen)**, mit dem weiblichen Geschlechtstrakt assoziiert.

Ovarien

Vergleichbar den Hoden beim Mann entwickeln sich die **Eierstöcke (Ovarien)** der Frau im hinteren Bereich der Bauchwand und deszendieren dann gemeinsam mit ihren Blut- und Lymphgefäßen sowie ihren Nerven. Anders als die Hoden wandern die Ovarien nicht durch den Leistenkanal zur Regio perinealis, sondern beenden ihren Deszensus an der lateralen Beckenwand (Abb. 5.50).

In den Ovarien werden die Eizellen produziert (Oogenese). Im Rahmen der Ovulation wird eine reife Eizelle in die Peritonealhöhle ausgestoßen und normalerweise über den Fimbrientrichter am Ende der Tubae uterinae (Eileiter) direkt in die Tube aufgenommen.

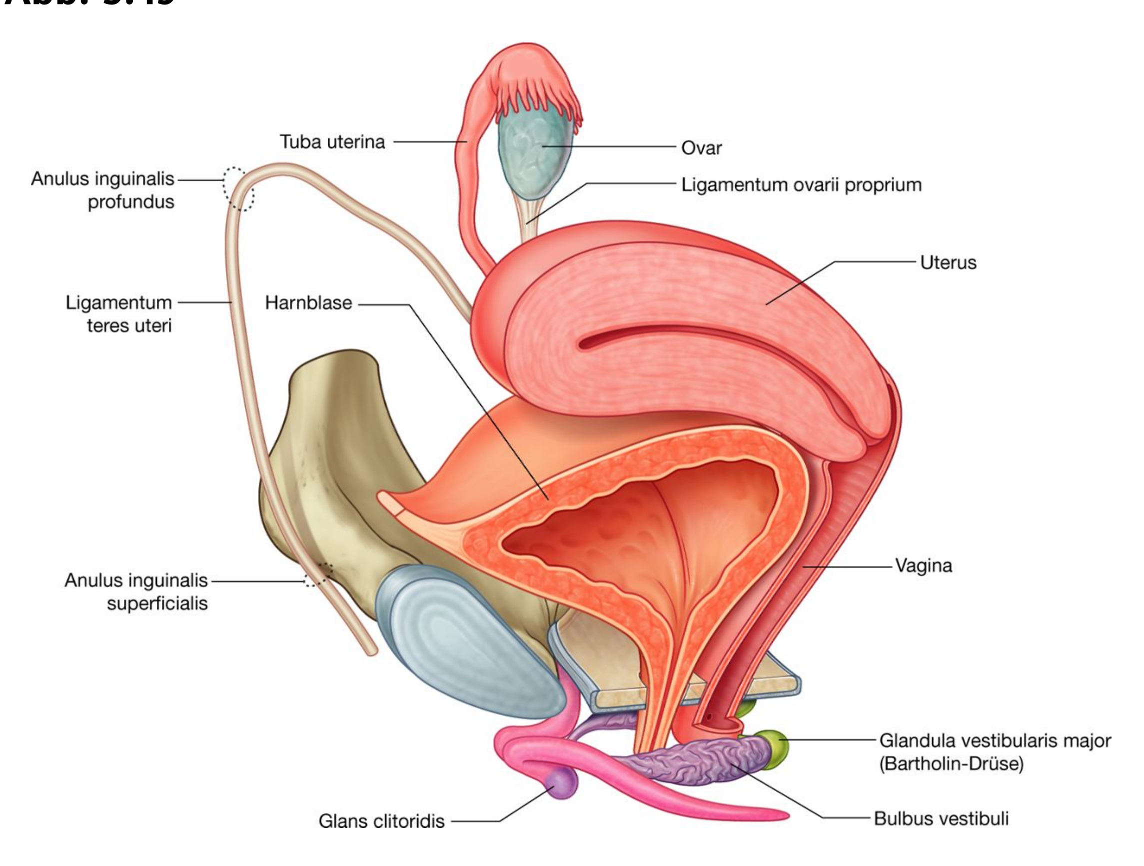
Die Ovarien liegen in enger Beziehung zur Beckenwand direkt unterhalb des Beckeneingangs. Jedes der beiden mandelförmigen Ovarien ist etwa 3 cm lang und durch ein **Mesovarium (Mesovar)** an der Hinterseite des Ligamentum latum befestigt.

Ligamentum latum uteri

Das **Ligamentum latum uteri** ist eine blattartige Peritonealfalte, die in der Frontalebene ausgerichtet ist und von der lateralen Beckenwand zum Uterus zieht. In seinem Oberrand setzt sich das Ligamentum latum uteri über die **Mesosalpinx** zur Tuba uterina und über das Mesovar zum Ovar fort (Abb. 5.50). Kaudal geht das Ligamentum latum uteri kontinuierlich in das horizontal zu beiden Beckenwänden aus-gerichtete Ligamentum cardinale (Mackenrodt-Band) über, das die Cervix uteri fixiert.

424
425

Abb. 5.49



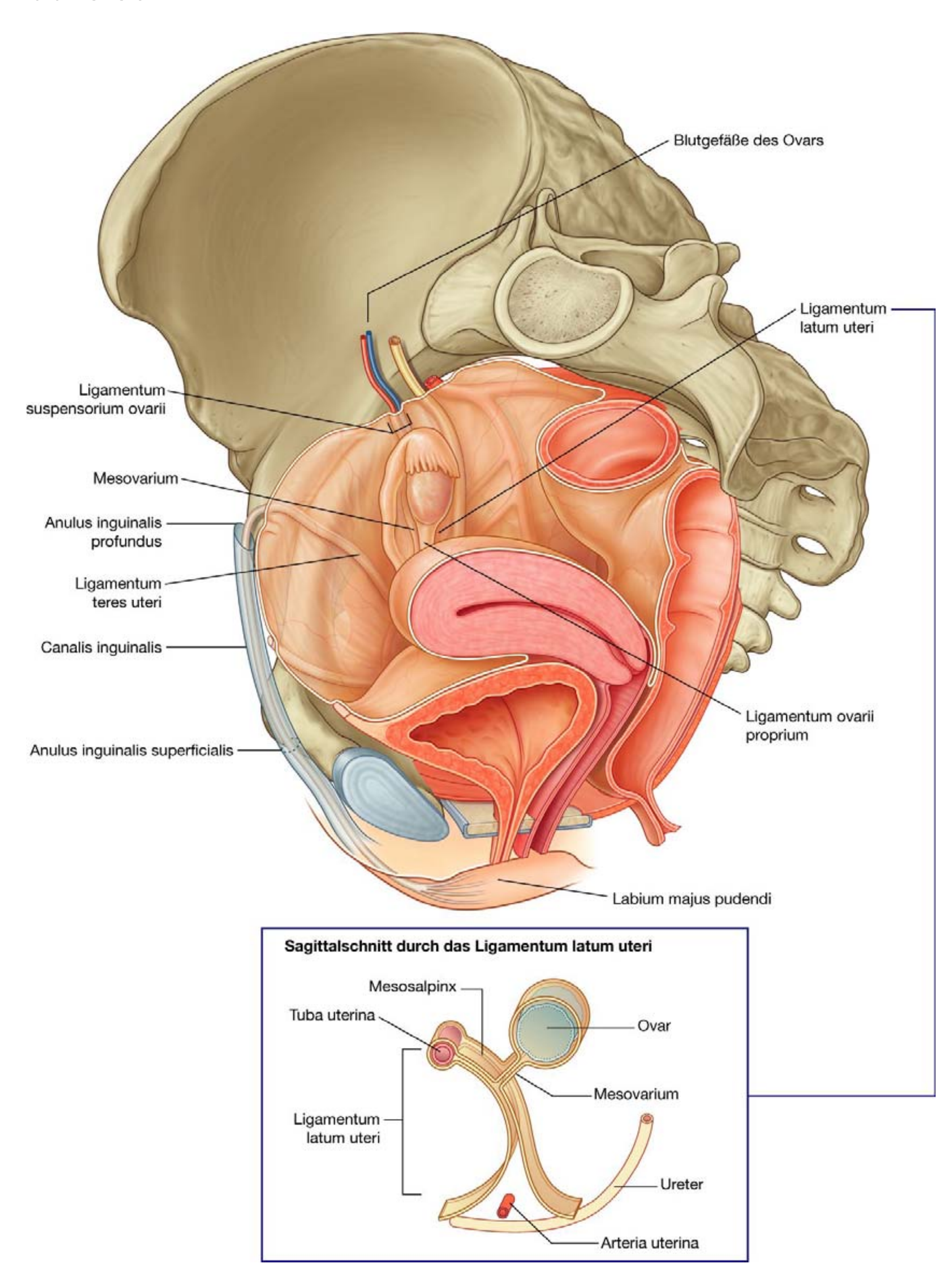
Weiblicher Reproduktionstrakt.

Als Oberflächenepithel des Ovars ist das Peritoneum des Mesovars fest mit dem Ovar verbunden. Die Ovarien sind mit ihrer Längsachse in der vertikalen Ebene ausgerichtet. Die Blut- und Lymphgefäße sowie die Nerven des Ovars verlaufen von lateral zum kranialen Pol des Ovars und werden von einer weiteren erhabenen Peritonealfalte bedeckt, die zusammen mit den Strukturen, die sie enthält, das **Ligamentum suspensorium ovarii** bildet.

Der kaudale Pol des Ovars ist mit einem fibromuskulären Band verbunden **(Ligamentum ovarii proprium)**, das medial im Rand des Mesovars zum Uterus verläuft und dann nach vorn lateral in das **Ligamentum teres uteri** übergeht (Abb. 5.50). Das Ligamentum teres uteri zieht über den Becken eingang zum Anulus inguinalis profundus und verläuft anschließend durch den Leistenkanal, um im Bindegewebe der Labia majora zu inserieren. Sowohl das Ligamentum ovarii proprium als auch das Ligamentum teres uteri sind Residualstrukturen des Gubernaculums, das in der Embryonalzeit die Gonaden und die Labioskrotalwülste miteinander verbunden hat. *Gemeinsam mit dem Ligamentum teres uteri verlaufen Lymphgefäße durch den Leistenkanal, sodass die Lymphe aus Uterus und Tuben in die oberflächlichen Leistenlymphknoten drainiert wird. Bei pathologisch veränderten Leistenlymphknoten muss bei Frauen daher immer auch an Erkrankungen der inneren Geschlechtsorgane gedacht werden.*

425

Abb. 5.50



Ovarien und Ligamentum latum uteri.

Klinik

Maligne Ovarialtumoren

Maligne Ovarialtumoren stellen immer noch eine der größten Herausforderungen in der Onkologie dar. Die Ovarien enthalten verschiedene Zelltypen, die alle maligne entarten können. Ausprägung und Prognose sind sehr unterschiedlich und erfordern verschiedene Therapieansätze.

Ovarialtumoren entwickeln sich meist aus dem Oberflächenepithel des Ovars, das mit einer deutlichen Übergangszone in das Peritoneum des Mesovars übergeht.

Viele Faktoren wurden mit der Entwicklung von Ovarialtumoren in Verbindung gebracht, einschließlich einer ausgeprägten familiären Belastung.

Maligne Tumoren des Ovars können in jedem Alter auftreten, kommen meist jedoch bei älteren Frauen vor.

Ovarialkarzinome können hämatogen und lymphogen metastasieren; häufig metastasieren sie auch direkt in die Peritonealhöhle. Eine direkte peritoneale Metastasierung ermöglicht ein Krebswachstum entlang den parakolischen Zwischenräumen bis zur Leber, von wo aus sich die Zellen leicht verteilen können. Leider werden viele Patientinnen erst in einem fortgeschrittenen Metastasierungs stadium diagnostiziert (Abb. 5.51).

Abb. 5.51

Sagittale Magnetresonanztomographie eines Ovarialkarzinoms.

Klinik

Bildgebung des Ovars

Die Ovarien können mittels Ultraschall beurteilt werden. Wenn die Patientin genug Wasser getrunken hat, nimmt das Harnblasenvolumen stark zu. Dieser flüssigkeitsgefüllte Hohlraum schafft ein ausgezeichnetes akustisches Fenster, hinter dem Uterus und Ovarien beim transabdominalen Ultraschall abgebildet werden können. Die Technik ermöglicht Geburtshelfern, den Fetus zu sehen und den Verlauf seines Wachstums während der Schwangerschaft zu beurteilen.

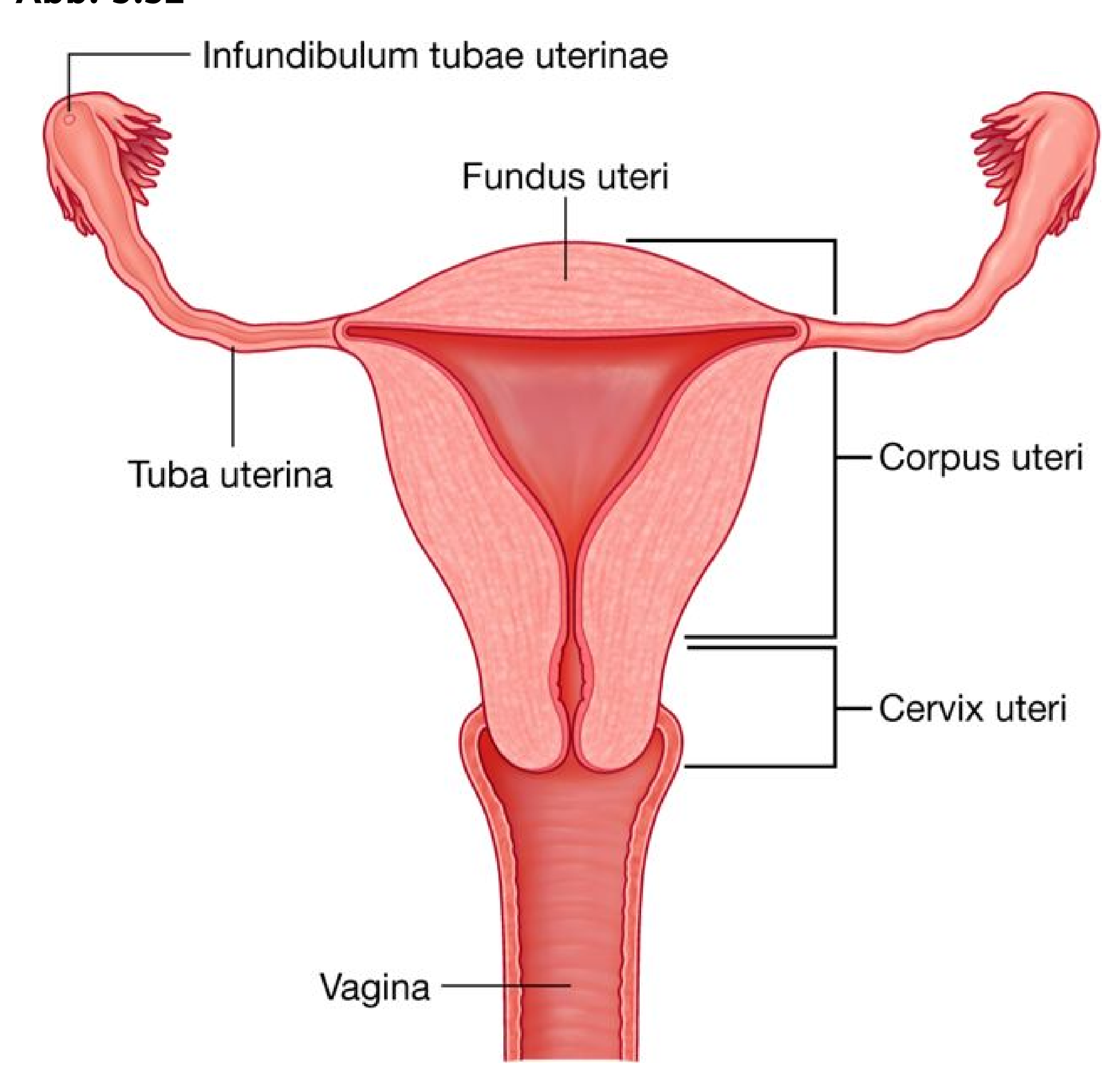
Manche Patientinnen sind für den transabdominalen Ultraschall ungeeignet. In solchen Fällen können Uterus, Douglas-Raum und die Ovarien mittels Vaginal-sonographie beurteilt werden. Die Ovarien lassen sich außerdem laparoskopisch betrachten.

Uterus

Die **Gebärmutter (Uterus)** ist ein dickwandiges muskuläres Organ in der Mittellinie zwischen Harnblase und Rektum (Abb. 5.50). Sie besteht aus dem Corpus uteri und der Cervix uteri, die kaudal in die Vagina ragt (Abb. 5.52). Auf beiden Seiten gehen aus dem Corpus uteri die Tubae uterinae ab, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Ovarien in die Beckenhöhle öffnen.

Das Corpus uteri ist ventral und dorsal abgeflacht und hat oberhalb des Ursprungs der Tuben (Abb. 5.52) ein abgerundetes oberes Ende **(Fundus uteri)**. Die Cavitas uteri (Uterushöhle) sieht von lateral betrachtet wie ein schmaler Spalt und von vorn wie ein 427 umgedrehtes Dreieck aus. Die beiden oberen 428 Ecken der Cavitas uteri setzen sich jeweils über die Pars uterina in das Lumen einer Tuba uterina fort; die untere Ecke geht über den Isthmus uteri in den Canalis cervicis uteri über.

Abb. 5.52



Uterus. Ansicht von vorn. Die vordere Hälfte von Uterus und Vagina ist entfernt.

Die Implantation der Blastozyste findet normalerweise im Corpus uteri statt. Während der Schwangerschaft dehnt sich der Uterus weit nach kranial bis in das Abdomen aus.

Tubae uterinae

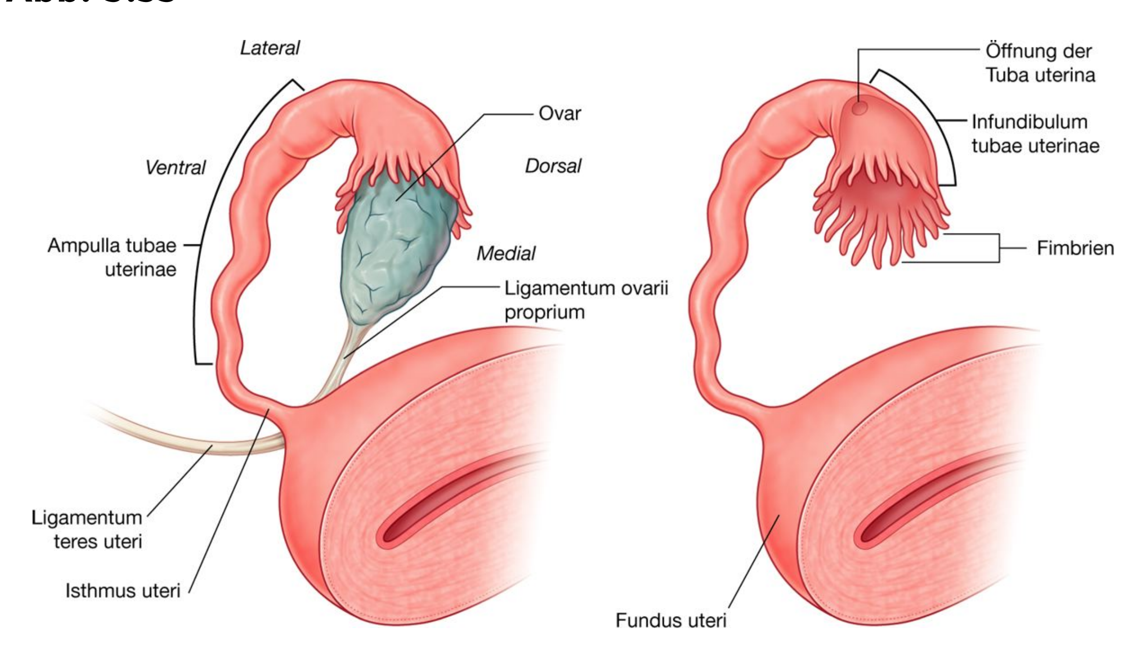
Die **Eileiter (Tubae uterinae)** erstrecken sich auf beiden Seiten vom oberen Ende des Corpus uteri zur seitlichen Beckenwand und liegen innerhalb des Oberrandes der Mesosalpinx des Ligamentum latum uteri. Da die Ovarien an der Hinterfläche des Ligamentum latum uteri aufgehängt sind, verlaufen die Tuben oberhalb und ziehen anschließend seitlich zu den Ovarien herunter.

Jede Tuba uterina hat ein erweitertes trompetenförmiges Ende **(Infundibulum tubae uterinae)**, das um den oberen lateralen Pol des entsprechenden Ovars herumzieht (Abb. 5.53). Der Rand des Infundibulums ist mit kleinen fingerförmigen Fortsätzen **(Fimbriae tubae uterinae; Fimbrien)** versehen. Das Lumen der Tuba uterina öffnet sich an dem

engeren Ende des Infundibulums in die Peritonealhöhle. Medial des Infundibulums erweitert sich die Tube zur **Ampulla tubae uterinae** und verengt sich dann zum **Isthmus tubae uterinae**, bevor sie durch die Wand des Corpus uteri (Pars uterinae) eintritt.

Die Fimbrien des Infundibulums erleichtern das Ein sammeln der Eizellen nach der Ovulation. Die Befruchtung findet normalerweise in der Ampulla tubae uterinae statt.

Abb. 5.53



Tubae uterinae.

428

429

Klinik

Tubenligatur

Nach der Ovulation wird die unbefruchtete Eizelle von den Fimbrien der Tuba uterina eingesammelt. Die Eizelle gelangt in die Tube und wird hier normalerweise in der Ampulla tubae uterinae befruchtet. Die Zygote beginnt sich zu teilen und gelangt in die Cavitas uteri, in deren Wand sie sich anschließend einnistet.

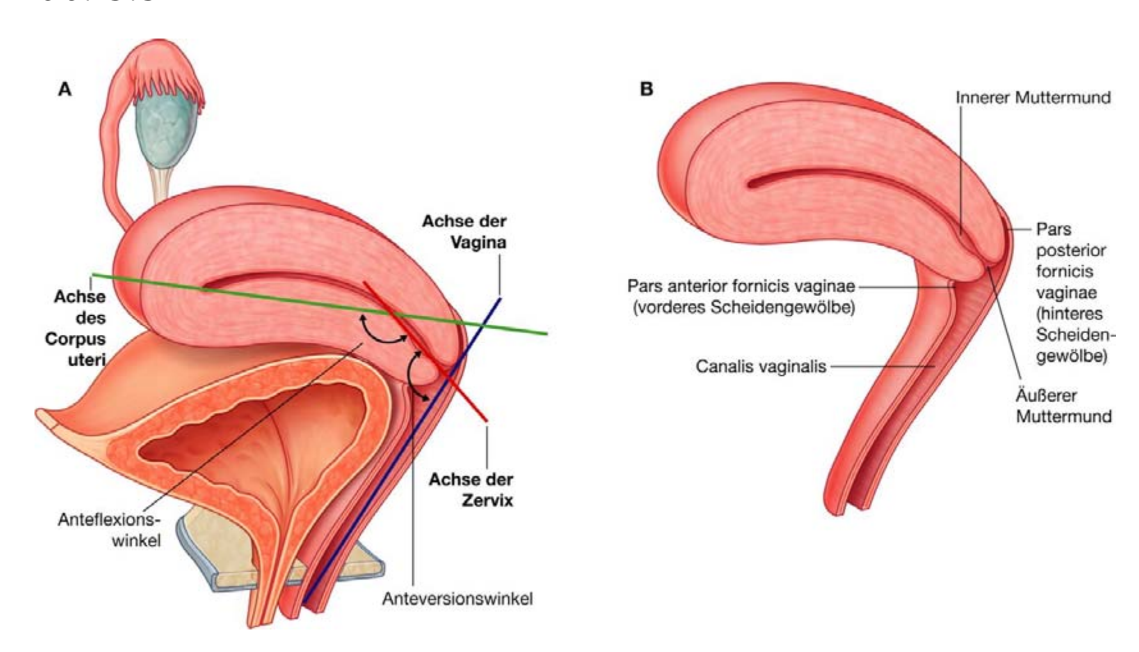
Eine einfache und effektive Methode der Empfängnisverhütung ist die chirurgische Unterbindung der Tuben mit einer Klammer, sodass die Spermatozoen die Eizelle nicht erreichen können. Das einfache und kurze Verfahren wird in Narkose durchgeführt. Ein kleines Laparoskop wird in die Peritonealhöhle eingeführt, und die Tuba uterina wird mit speziellen Instrumenten aufgesucht und ligiert.

Cervix uteri

Der **Gebärmutterhals (Cervix uteri)** bildet den kaudalen Uterusanteil. Er ist wie ein kleiner breiter Zylinder mit einem engen zentralen Kanal (Canalis cervicis uteri) geformt. Das Corpus uteri ist normalerweise gegenüber der Zervix nach vorn geknickt (Anteflexio)

und legt sich über die Oberfläche der leeren Harnblase (Abb. 5.54A). Außerdem ist die Zervix gegenüber der Vagina nach vorn geknickt (Anteversio), sodass das untere Zervixende vorn in den oberen Anteil der Vagina projiziert. Da das kaudale Zervixende kuppelförmig ist, ragt es in die Vagina hinein, sodass dort ein Gewölbe (Fornix vaginae) um den Rand der Zervix gebildet wird.hier trifft es mit der Wand der Vagina zusammen (Abb. 5.54B). Der Canalis cervicis uteri öffnet sich nach kaudal als **äußerer Muttermund** in die Vagina und nach kranial als **innerer Muttermund** in die Cavitas uteri.

Abb. 5.54



Uterus und Vagina. **A**. Winkel der Anteflexio und der Anteversio. **B**. Die Zervix ragt in die Vagina.

429
430

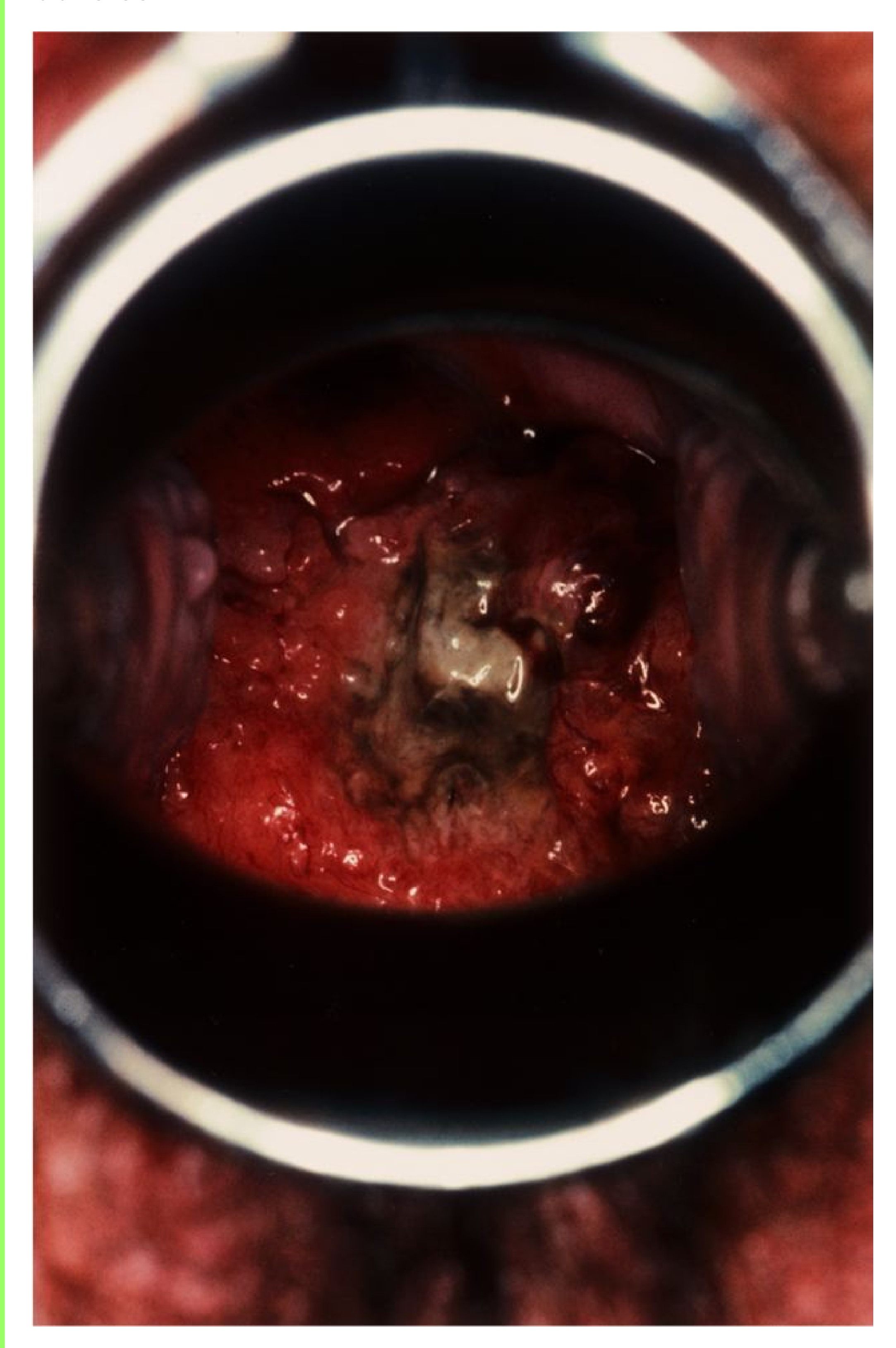
Klinik

Zervix- und Uteruskarzinome

Zervix- (Abb. 5.55) und Uteruskarzinome sind häufig. Die Diagnose wird durch Inspektion, Zytologie (Abstrich; Untersuchung der zervikalen Zellen), CT, MRT, Biopsie und Dilatation mit anschließender Kürettage des Uterus gestellt.

Zervix- und Uteruskarzinome können durch lokale Resektion, Uterusentfernung (Hysterektomie) und adjuvante Chemotherapie behandelt werden. Der Tumor metastasiert lymphogen zu den Lymphknoten im Bereich der Arteria iliaca interna und der Arteria iliaca communis.

Abb. 5.55



Bild, das durch ein in die Vagina eingeführtes Spekulum aufgenommen wurde und ein Zervixkarzinom zeigt. Vergleiche Abb. 5.84E mit einer normalen Zervix.

Vagina

Die **Scheide (Vagina)**, das Kopulationsorgan der Frau, ist ein dehnbarer fibromuskulärer Schlauch, der sich von der Regio perinealis durch den Beckenboden in die Beckenhöhle erstreckt (Abb. 5.56A). Nach innen ist die Scheide zum **Scheidengewölbe (Fornix vaginae)** verbreitert.

Die Vorderwand der Vagina steht in Beziehung zum Harnblasenfundus und zur Urethra; die Urethra ist in die vordere Vaginalwand eingebettet und mit ihr verschmolzen.

Die Hinterwand der Vagina steht hauptsächlich mit dem Rektum in Beziehung.

Kaudal mündet die Vagina direkt hinter dem Ostium urethrae externum in das Vestibulum vaginae. Ausgehend von ihrer äußeren Öffnung **(Ostium vaginae)** verläuft die Vagina nach dorsal kranial durch das Diaphragma urogenitale in die Beckenhöhle. Hier ist sie zirkulär um den Gebärmutterhals befestigt.

Das Scheidengewölbe wird von den Zervixrändern und der Scheidenwand gebildet. Abhängig von der Position wird der Fornix vaginae in **Pars posterior** (hinteres Scheidengewölbe), **Pars anterior** (vorderes Scheidengewölbe) und zwei **Partes laterales** unterteilt (Abb. 5.56A und Abb. 5.54).

Das Lumen der Vagina ist normalerweise aufgehoben, sodass vordere und hintere Scheidenwand miteinander in Verbindung stehen. *Mit einem Spekulum (öffnet das Lumen der Vagina) kann der Arzt das kuppelförmige untere Ende der Zervix, das Scheidengewölbe und den äußeren Muttermund des Canalis cervicis uteri einer Patientin inspizieren (Abb. 5.56B).*

Beim Geschlechtsverkehr gelangt der Samen des Mannes in das Scheidengewölbe. Die Spermatozoen machen sich auf den Weg zum äußeren Muttermund, gelangen durch den Canalis cervicis uteri in die Cavitas uteri und dann weiter in die Tuben. Hier findet dann normalerweise in der Ampulla tubae uterinae die Befruchtung statt.

Faszie

Die Fascia pelvis kleidet die Beckenwände aus, umgibt die Grundflächen der Beckeneingeweide und umscheidet die Blutgefäße und Nerven, die von den Beckenwänden nach medial zu den Organen in der Mittellinie ziehen. Sie geht aus der extraperitonealen Bindegewebsschicht des Abdomens hervor.

Bei der Frau

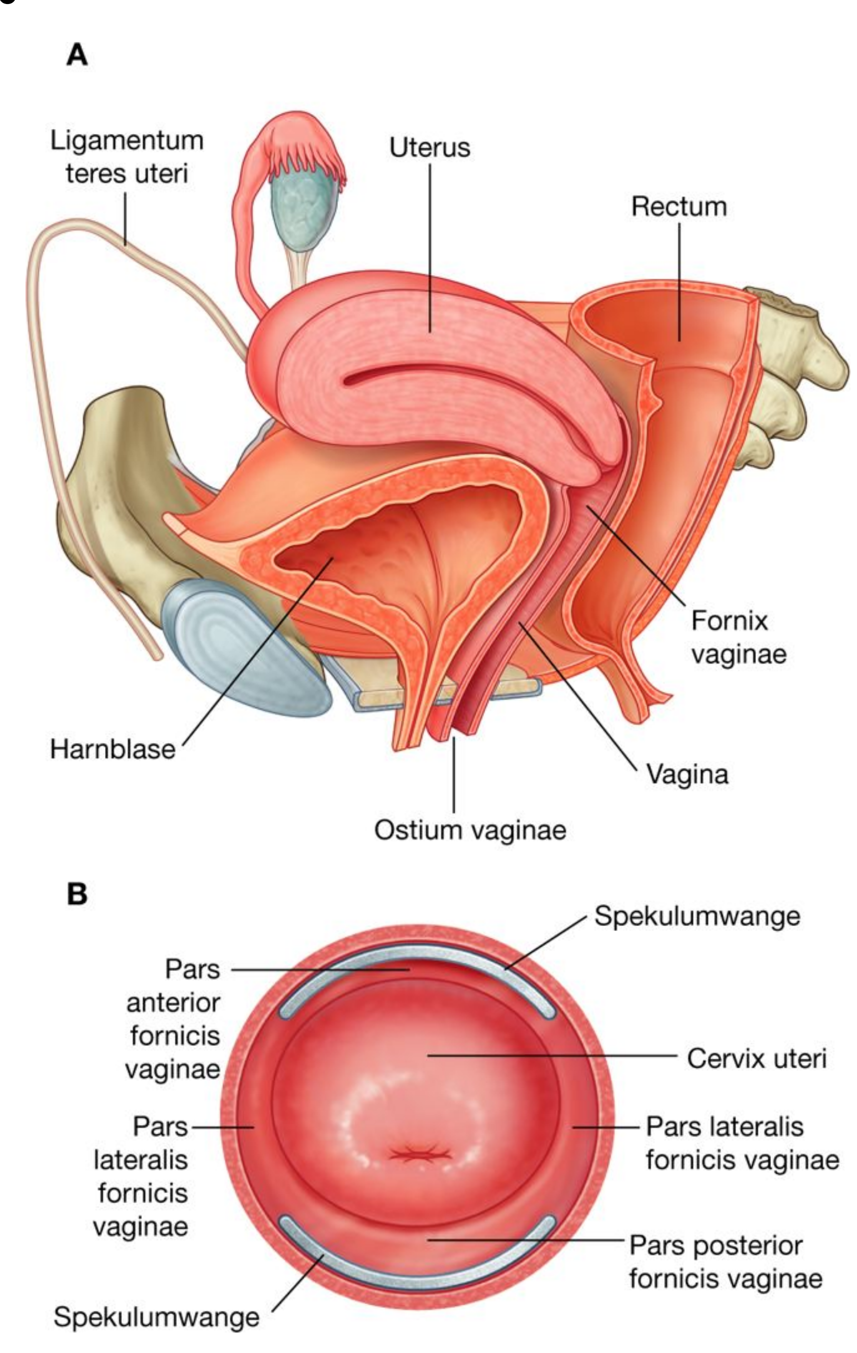
Bei der Frau trennt die **Fascia rectovaginalis (Septum rectovaginale)** die Hinterfläche der Vagina vom Rektum (Abb. 5.57A). Die Faszie verdichtet sich zu Bändern, die von der Cervix uteri zur vorderen **(Ligamentum pubocervicale)**, lateralen **(Ligamentum cardinale; Ligamentum transversum uteri; Mackenrodt-Band)** und hinteren **(Ligamentum sacrouterinum)** Beckenwand ziehen. Die Bänder fixieren gemeinsam mit dem Diaphragma

430

431

urogenitale, den Musculi levatores ani und dem Centrum perinei den Uterus in der Beckenhöhle. Das wichtigste Band ist das Ligamentum cardinale, das beidseits lateral der Zervix und des Scheidengewölbes zur entsprechenden Beckenwand zieht. Häufig werden weitere Bänder abgegrenzt: Ventral strahlt vom Blasenboden das Ligamentum pubovesicale zur Symphyse; zwischen Uterushals und Blasenboden erstreckt sich das Ligamentum vesicouterinum. Der verdickte Rand des Ligamentum pubocervicale bildet jeweils den linken und den rechten Blasenpfeiler. Das Bindegewebe seitlich der Blase wird in seiner Gesamtheit als Paracystium bezeichnet. Zwischen Rektum und Cervix uteri erstreckt sich das Ligamentum rectouterinum und bildet den sog. Rektumpfeiler.

Abb. 5.56



Vagina. **A**. Linke Beckenhälfte entfernt. **B**. Fornix vaginae und Cervix uteri durch ein Spekulum betrachtet.

Beim Mann

Beim Mann verdichtet sich die Faszie vor und seitlich der Prostata zur **Fascia prostatica**. Die Faszie enthält und umgibt den Plexus venosus prostaticus und geht dorsal in die **Fascia rectoprostatica (Septum rectovesicale; Denonvillier-Faszie)** über, das die Hinterfläche der Prostata und den Blasenfundus vom Rektum trennt (Abb. 5.57B).

Peritoneum

Das Peritoneum des Beckens setzt sich am Beckeneingang in das Peritoneum des Abdomens fort. Im Becken überzieht das Peritoneum die Beckeneingeweide in der Mittellinie und bildet:

- Recessus (Taschen) zwischen benachbarten Organen
- Falten und Bänder zwischen Organen und Beckenwänden

Vorn bedecken die Plicae umbilicales mediana und mediales aus Peritoneum die embryologischen Residuen des Urachus und der Arteriae umbilicales (Abb. 5.58). Die Falten verlaufen entlang der vorderen Bauchwand aus dem Becken nach kranial. Dorsal bedeckt Peritoneum den vorderen und seitlichen Anteil des oberen Drittels des Rektums. Das mittlere Drittel ist nur vorn und das untere gar nicht von Peritoneum bedeckt.

Bei der Frau

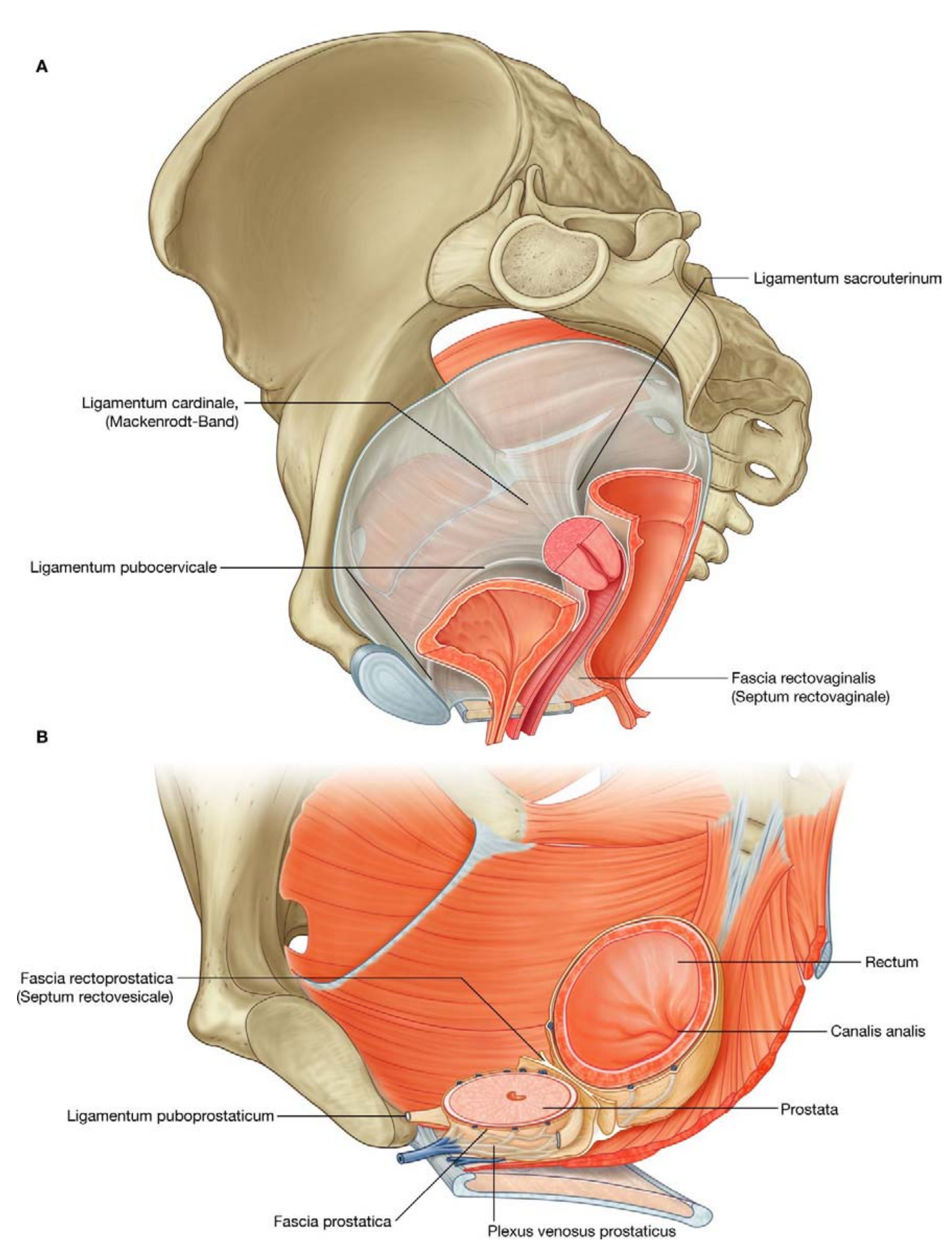
Bei der Frau befindet sich der Uterus zwischen Harnblase und Rektum, und die Tuben verlaufen vom oberen Anteil des Uterus zu den seitlichen Beckenwänden (Abb. 5.58A). Dadurch entstehen ventral die etwas flachere **Excavatio vesicouterina** zwischen Harnblase und Uterus und dorsal die tiefere **Excavatio rectouterina (Douglas-Raum)** zwischen Uterus und Rektum.

Außerdem zieht auf beiden Seiten eine große Peritonealfalte vom Uterus zur seitlichen Beckenwand, die in ihrem oberen Rand die Tuba uterina enthält (Ligamentum latum uteri). Beide Ovarien sind durch eine Falte des Ligamentum latum uteri, das Mesovarium, am Ligamentum latum uteri befestigt. Die Arteria uterina kreuzt die Ureteren an der Basis des Ligamentum latum uteri; Ligamentum ovarii proprium und Ligamentum teres uteri verlaufen innerhalb des Ligamentum latum uteri.

In der Mittellinie zieht das Peritoneum über die Hinterfläche des Uterus und der Zervix nach kaudal zur Wand der Vagina. Hier grenzt es an das hintere Scheidengewölbe. Außerdem erreicht das Peritoneum die Vorder- und die Seitenwände des Rektums. Den tiefen peritonealen Hohlraum zwischen der Vorderfläche des Rektums und den Hinterflächen von Uterus, Zervix und Vagina bezeichnet man als Excavatio rectouterina (Douglas-Raum). Er bildet die tiefste Stelle der Peritonealhöhle bei der Frau und wird daher auch als Schlammfang des weiblichen Beckens bezeichnet. Eine scharfe, sichelförmige Peritonealfalte **(Plica rectouterina)** befindet sich beidseits nahe der Basis der Excavatio rectouterina. Die Plicae

rectouterinae liegen über den **Ligamenta sacrouterina**, die als Verdichtungen der Fascia pelvis von der Zervix zu den hinteren seitlichen Beckenwänden ziehen.

Abb. 5.57



Fascia pelvis. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Beim Mann

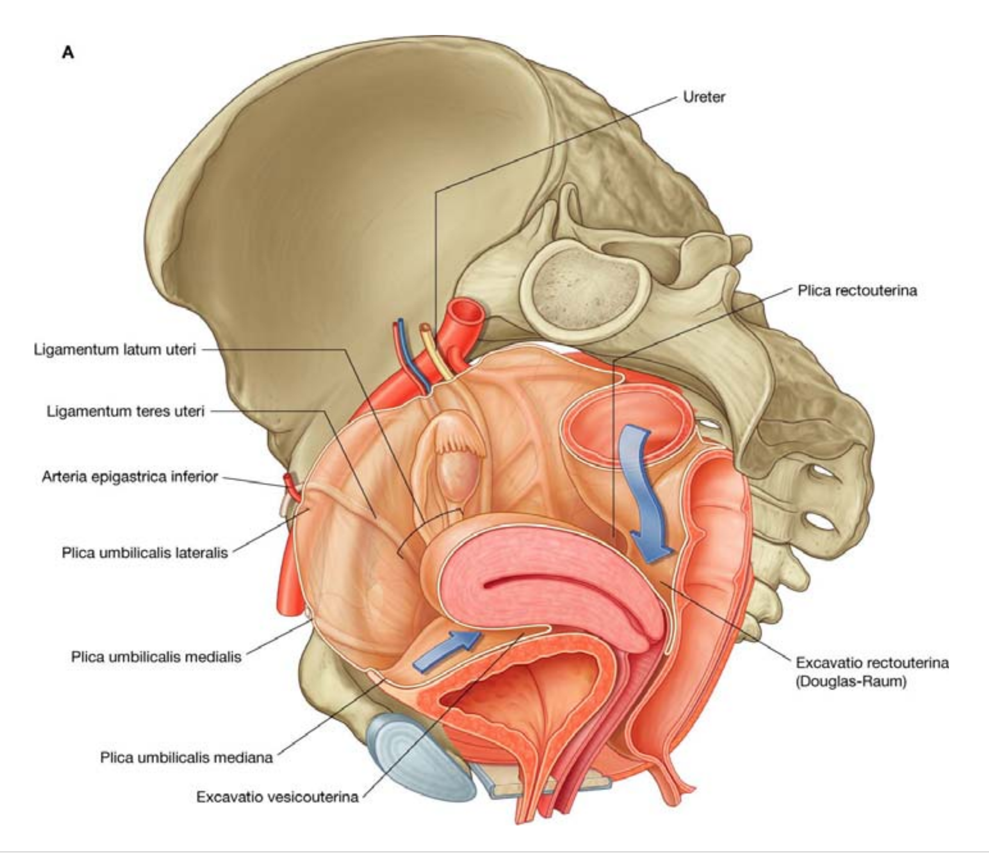
Beim Mann verläuft das Peritoneum viscerale von der Oberfläche der Harnblase zu den oberen Polen der Samenbläschen und zieht von hier zur vorderen und zu den seitlichen Wänden des Rektums (Abb. 5.58B). Zwischen Harnblase und Rektum befindet sich die **Excavatio rectovesicalis**. Kaudalwärts geht die Excavatio rectovesicalis in eine Faszie über (Fascia rectovesicalis; Denonvillier-Faszie).

Klinik

Excavatio rectouterina

Die Excavatio rectouterina **(Douglas-Raum)** ist eine klinisch äußert wichtige Region zwischen Rektum und Uterus. In Rückenlage der Patientin ist die Excavatio rectouterina die tiefste Stelle der Bauch- und Beckenhöhle und somit ein Ort, an dem sich Infektionen und Flüssigkeiten typischerweise ansammeln. Die Excavatio rectouterina ist zwar nicht transabdominal, dafür aber transvaginal und transrektal palpierbar. Bei Verdacht auf einen Abszess kann der Douglas-Raum ohne transabdominale Operation über die Vagina oder das Rektum drainiert werden.

Abb. 5.58



433

434

B
Ureter
Arteria epigastrica inferior
Plica umbilicalis lateralis
Kleine Plica rectovesicalis
Plica umbilicalis mediana
Plica umbilicalis medialis
Excavatio rectovesicalis
Spatium retropubicum (Retzius-Raum)

Peritoneum im Becken. **A**. Bei der Frau **B**. Beim Mann.

Nerven

Somatische Plexus

Plexus lumbosacralis und Plexus coccygeus

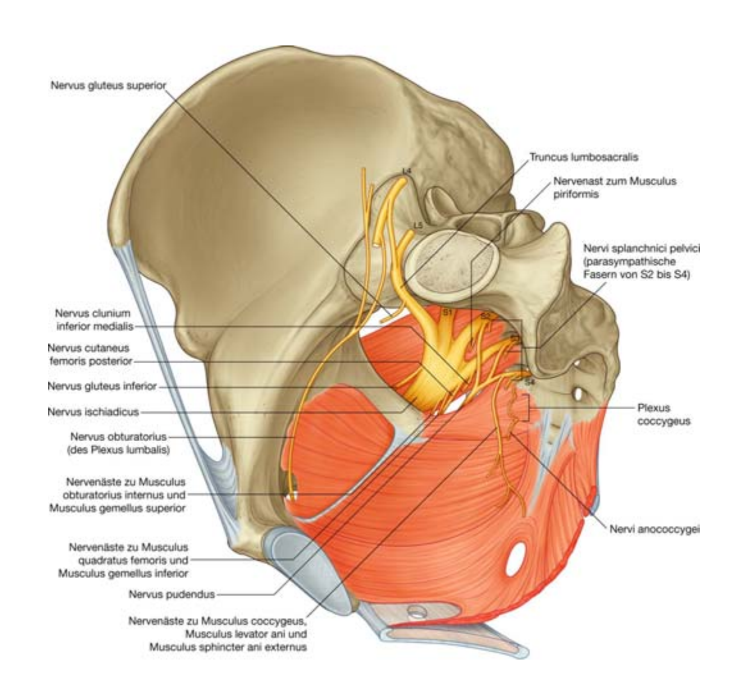
Plexus sacralis und Plexus coccygeus befinden sich dorsal an der lateralen Beckenwand und liegen normalerweise zwischen Muskulatur und Blutgefäßen. Sie gehen aus den Rami anteriores der Segmente S1 bis Co hervor; Anteile kommen ferner von den Segmenten L4 und L5, die vom Plexus lumbalis in das Becken ziehen und so den Plexus lumbosacralis bilden (Abb. 5.59). Nerven der hauptsächlich somatischen Plexus tragen zur Innervation der unteren Extremität, der Beckenmuskeln und der Regio perinealis bei. Rami cutanei versorgen die Haut der medialen Fußseite, der Hinterfläche der unteren Extremität und den größten Anteil der Regio perinealis.

Plexus lumbosacralis

Der Plexus lumbosacralis wird auf beiden Seiten von den Rami anteriores der Segmente S1 bis S4 und dem Truncus lumbosacralis (L4 und L5) gebildet (Abb. 5.60). Der Plexus steht in Beziehung zur Vorderfläche des Musculus piriformis, der Teil der hinteren lateralen Beckenwand ist. Die sakralen Fasern des Plexus lumbosacralis verlaufen durch die Foramina sacralia anteriora und ziehen anschließend nach kaudal und lateral an die Beckenwand. Der Truncus lumbosacralis, der aus einem Teil des Ramus anterior aus L4 und dem vollständigen Ramus anterior aus L5 besteht, zieht vom Abdomen senkrecht in die Beckenhöhle und verläuft dabei unmittelbar vor der Articulatio sacroilica.

434
435

Abb. 5.59



Plexus lumbosacralis und Plexus coccygeus.

Rami communicantes grisei der sympathischen Grenzstrangganglien verbinden sich mit den Rami anteriores und führen postganglionäre sympathische Fasern, die für die Peripherie bestimmt sind, zu den somatischen Nerven (Abb. 5.61). Außerdem enthalten spezielle viszerale Nerven **(Nervi splanchnici pelvici)** aus den Segmenten S2 bis S4 präganglionäre parasympathische Fasern für den Beckenanteil des Plexus prevertebralis (Abb. 5.62).

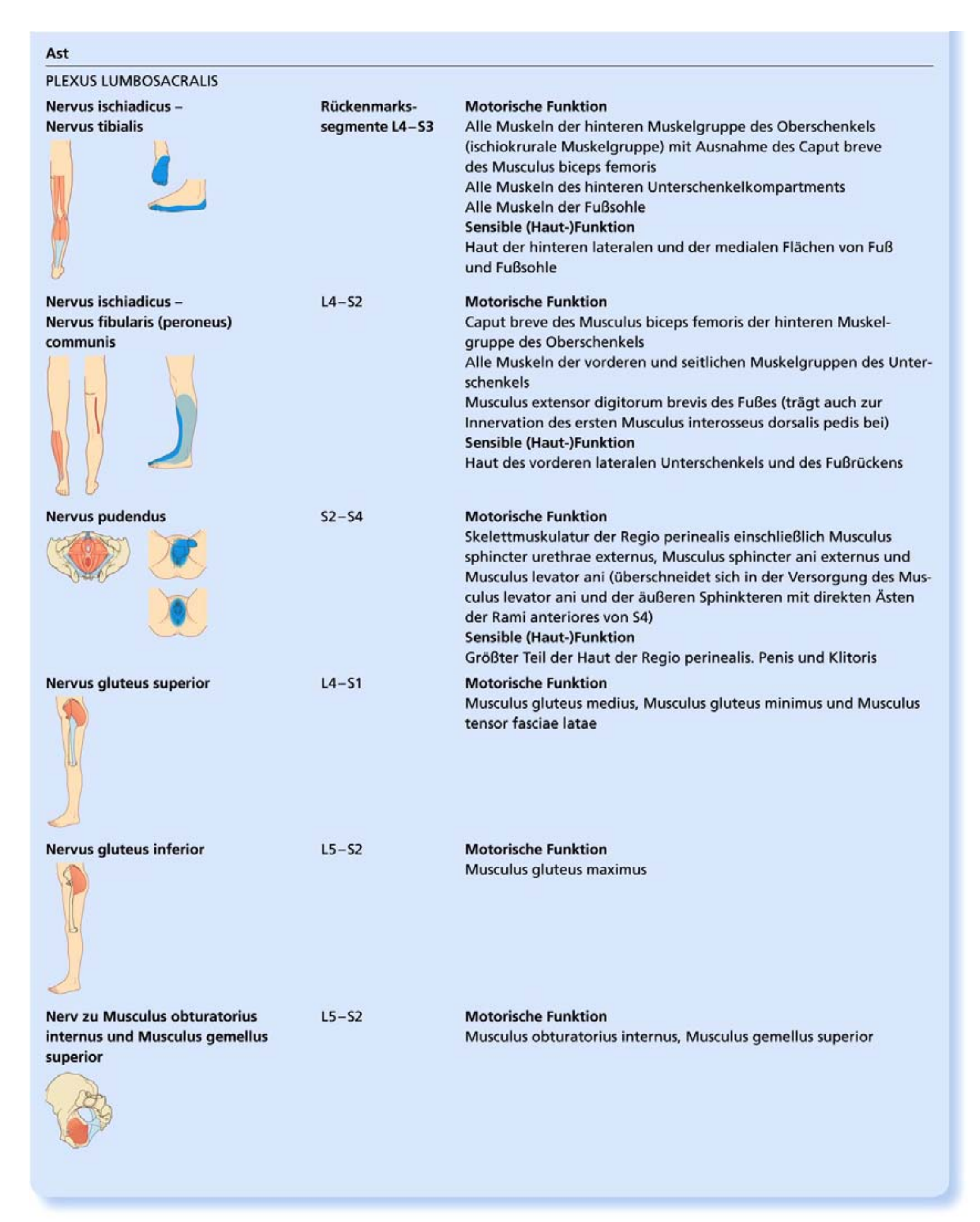
Jeder Ramus anterior hat ventrale und dorsale Anteile, die sich mit ähnlichen Anteilen anderer Segmente zu gemeinsamen Endnerven vereinen (Abb. 5.60). Der Ramus anterior aus S4 hat nur einen ventralen Anteil.

Zu den Ästen des Plexus lumbosacralis gehören als Hauptnerven der unteren Extremität der Nervus ischiadicus und die Nervi glutei, und als Nerv der Regio perinealis der Nervus pudendus (Tab. 5.4). Zahlreiche kleinere Äste versorgen die Beckenwand, den Beckenboden und die untere Extremität.

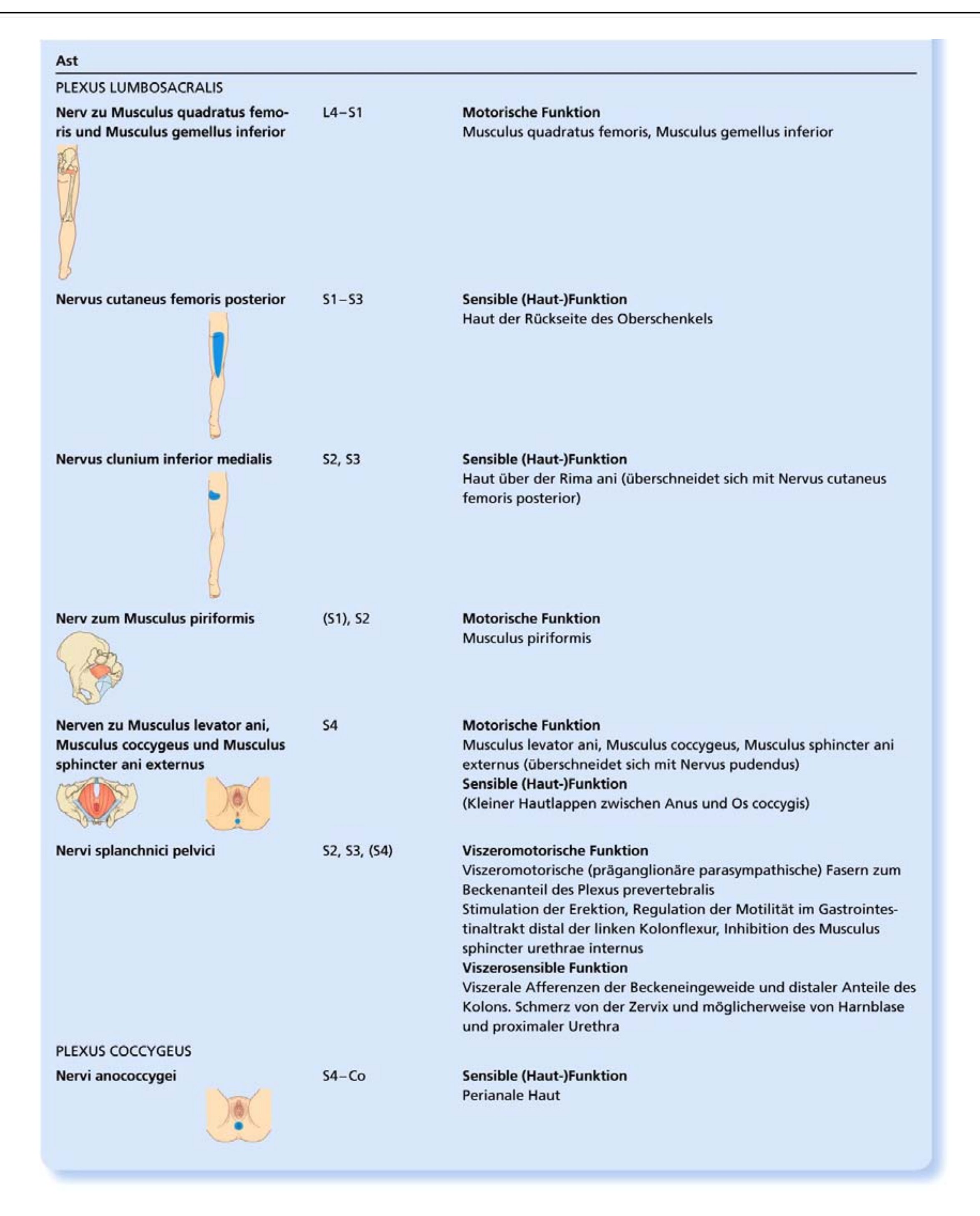
Die meisten Nerven, die im Plexus lumbosacralis entspringen, verlassen die Beckenhöhle, indem sie durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und anschließend in die Regio glutealis der unteren Extremität ziehen. Andere Nerven verlassen die Beckenhöhle auf verschiedenen Wegen; wenige Nerven verlassen die Beckenhöhle überhaupt nicht und ziehen direkt zu den Muskeln der Beckenhöhle. Außerdem gibt es auch zwei Nerven, die die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus verlassen, um die Spina ischiadica und das Ligamentum sacrospinale herumziehen und medial durch das Foramen ischiadicum minus verlaufen, um Strukturen in der Regio perinealis und der lateralen Beckenwand zu innervieren.

435

Tab. 5.4 Äste des Plexus lumbosacralis und des Plexus coccygeus (Rückenmarkssegmente in Klammern sind nicht konstant beteiligt)



Ast		
PLEXUS LUMBOSACRALIS		
Nervus ischiadicus – Nervus tibialis	**Rückenmarkssegmente L4–S3**	**Motorische Funktion** Alle Muskeln der hinteren Muskelgruppe des Oberschenkels (ischiokrurale Muskelgruppe) mit Ausnahme des Caput breve des Musculus biceps femoris Alle Muskeln des hinteren Unterschenkelkompartments Alle Muskeln der Fußsohle **Sensible (Haut-)Funktion** Haut der hinteren lateralen und der medialen Flächen von Fuß und Fußsohle
Nervus ischiadicus – Nervus fibularis (peroneus) communis	L4–S2	**Motorische Funktion** Caput breve des Musculus biceps femoris der hinteren Muskelgruppe des Oberschenkels Alle Muskeln der vorderen und seitlichen Muskelgruppen des Unterschenkels Musculus extensor digitorum brevis des Fußes (trägt auch zur Innervation des ersten Musculus interosseus dorsalis pedis bei) **Sensible (Haut-)Funktion** Haut des vorderen lateralen Unterschenkels und des Fußrückens
Nervus pudendus	S2–S4	**Motorische Funktion** Skelettmuskulatur der Regio perinealis einschließlich Musculus sphincter urethrae externus, Musculus sphincter ani externus und Musculus levator ani (überschneidet sich in der Versorgung des Musculus levator ani und der äußeren Sphinkteren mit direkten Ästen der Rami anteriores von S4) **Sensible (Haut-)Funktion** Größter Teil der Haut der Regio perinealis. Penis und Klitoris
Nervus gluteus superior	L4–S1	**Motorische Funktion** Musculus gluteus medius, Musculus gluteus minimus und Musculus tensor fasciae latae
Nervus gluteus inferior	L5–S2	**Motorische Funktion** Musculus gluteus maximus
Nerv zu Musculus obturatorius internus und Musculus gemellus superior	L5–S2	**Motorische Funktion** Musculus obturatorius internus, Musculus gemellus superior



Ast		
PLEXUS LUMBOSACRALIS		
Nerv zu Musculus quadratus femoris und Musculus gemellus inferior	L4–S1	**Motorische Funktion** Musculus quadratus femoris, Musculus gemellus inferior
Nervus cutaneus femoris posterior	S1–S3	**Sensible (Haut-)Funktion** Haut der Rückseite des Oberschenkels
Nervus clunium inferior medialis	S2, S3	**Sensible (Haut-)Funktion** Haut über der Rima ani (überschneidet sich mit Nervus cutaneus femoris posterior)
Nerv zum Musculus piriformis	(S1), S2	**Motorische Funktion** Musculus piriformis
Nerven zu Musculus levator ani, Musculus coccygeus und Musculus sphincter ani externus	S4	**Motorische Funktion** Musculus levator ani, Musculus coccygeus, Musculus sphincter ani externus (überschneidet sich mit Nervus pudendus) **Sensible (Haut-)Funktion** (Kleiner Hautlappen zwischen Anus und Os coccygis)
Nervi splanchnici pelvici	S2, S3, (S4)	**Viszeromotorische Funktion** Viszeromotorische (präganglionäre parasympathische) Fasern zum Beckenanteil des Plexus prevertebralis Stimulation der Erektion, Regulation der Motilität im Gastrointestinaltrakt distal der linken Kolonflexur, Inhibition des Musculus sphincter urethrae internus **Viszerosensible Funktion** Viszerale Afferenzen der Beckeneingeweide und distaler Anteile des Kolons. Schmerz von der Zervix und möglicherweise von Harnblase und proximaler Urethra
PLEXUS COCCYGEUS		
Nervi anococcygei	S4–Co	**Sensible (Haut-)Funktion** Perianale Haut

Nervus ischiadicus

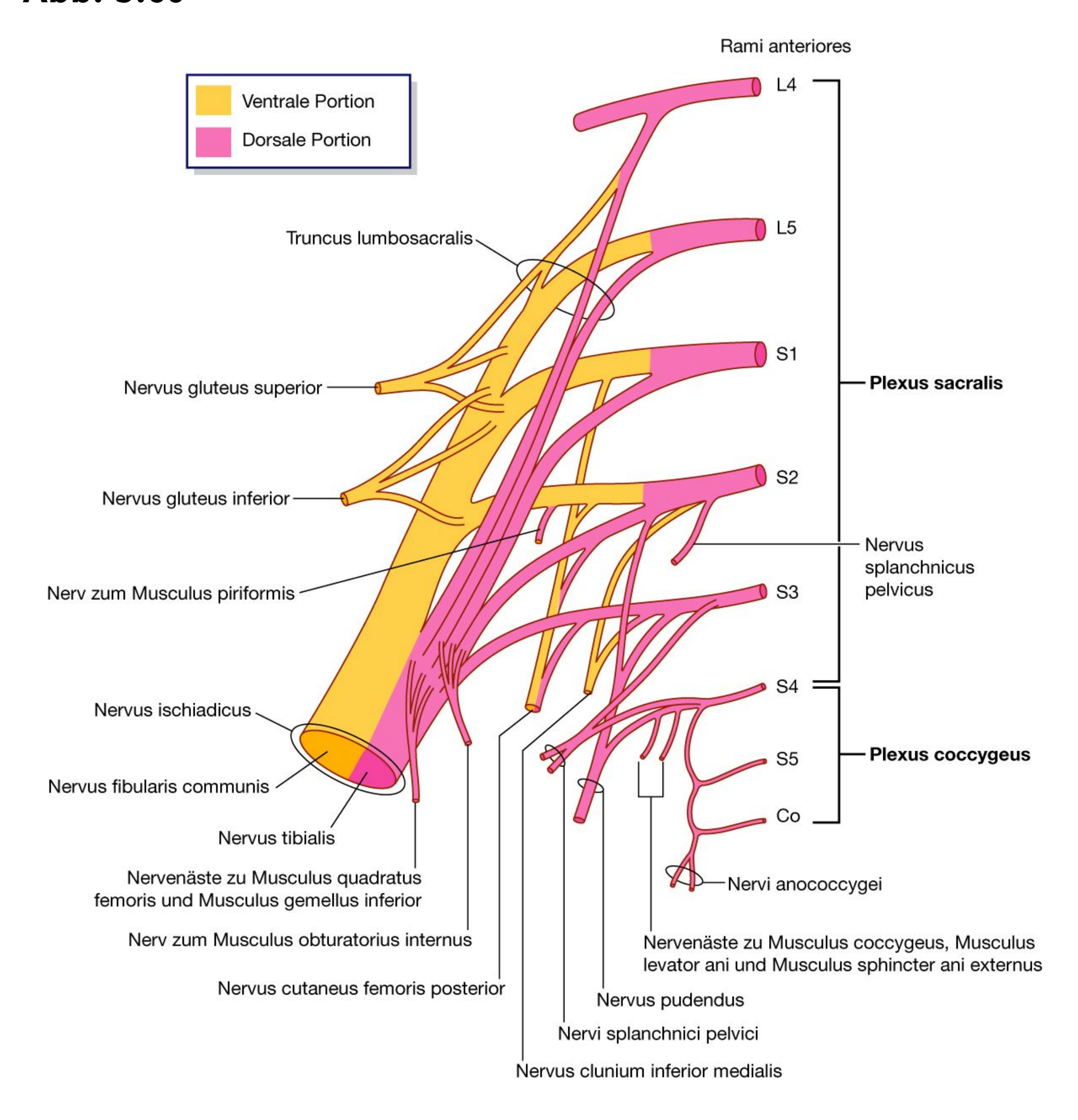
Der **Nervus ischiadicus** ist der größte Nerv im Körper und führt Fasern der Segmente L4 bis S3 (Abb. 5.59 und 5.60):

- Er bildet sich an der Vorderseite des Musculus piriformis und verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis.
- Er verläuft durch die Regio glutealis zum Oberschenkel. Hier teilt er sich in seine zwei großen Äste, den Nervus fibularis communis (Nervus peroneus communis)

und den Nervus tibialis – im Nervus fibularis communis sind dorsale Anteile aus L4, L5, S1 und S2 und im Nervus tibialis ventrale Anteile aus L4, L5, S1, S2 und S3 enthalten.

- Er innerviert Muskeln an der Rückseite des Oberschenkels, des Unterschenkels und des Fußes.
- Er enthält sensible Fasern für die Haut des Fußes und der lateralen Seite des Unterschenkels.

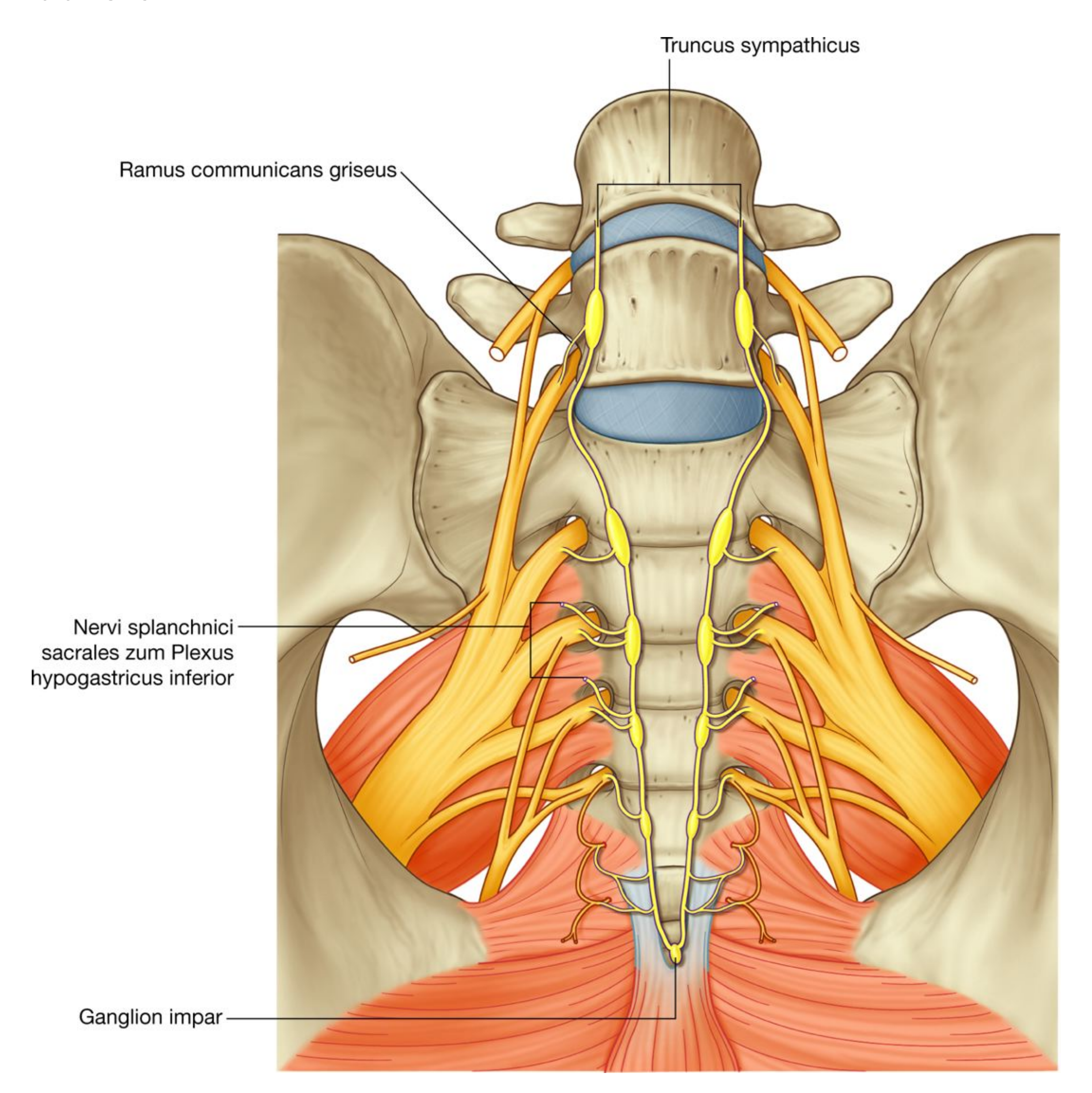
Abb. 5.60



Bestandteile und Äste des Plexus lumbosacralis und des Plexus coccygeus.

438

Abb. 5.61



Truncus sympathicus (Grenzstrang) im Becken.

Nervus pudendus

Der **Nervus pudendus** geht an der Vorderseite des unteren Anteils des Musculus piriformis aus Rami anteriores der Segmente S2 bis S4 hervor (Abb. 5.59 und 5.60).

- Er verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und zieht zur Regio glutealis.
- Er gelangt zur Regio perinealis, indem er an der Stelle um das Ligamentum sacrospinale zieht, an der es mit der Spina ischiadica zusammentrifft. Anschließend tritt er durch das Foramen ischiadicum minus (durch diesen Verlauf verlässt der Nerv die Beckenhöhle und zieht um die periphere Befestigung des Beckenbodens zur Regio perinealis).
- Er wird in seinem Verlauf von den Vasa pudenda begleitet.

- Er innerviert Haut und Skelettmuskulatur der Regio perinealis einschließlich des Musculus sphincter ani externus und des Musculus sphincter urethrae externus.

Klinik

Pudendusanästhesie

Eine Pudendusanästhesie (Pudendusblockade) wird zur Entlastung der Schmerzen während der Geburt durchgeführt. Gewöhnlich wird an der Stelle injiziert, an der der Nervus pudendus den lateralen Anteil des Ligamentum sacrospinale nahe dessen Befestigungsstelle an der Spina ischiadica kreuzt. Während der Geburt kann man mit dem in die Vagina eingeführten Finger die Spina ischiadica palpieren. Die Nadel wird transkutan in Richtung auf den medialen Anteil der Spina ischiadica und um das Ligamentum sacrospinale geführt. Das Lokalanästhetikum wird injiziert und dadurch die Regio perinealis betäubt.

439
440

Weitere Äste des Plexus lumbosacralis

Weitere Äste des Plexus lumbosacralis umfassen:

- motorische Äste zu den Muskeln von Regio glutealis, Beckenwand und Beckenboden (Nervus gluteus superior, Nervus gluteus inferior, Nerv zum Musculus obturatorius internus und Musculus gemellus superior, Nerv zum Musculus quadratus femoris und Musculus gemellus inferior, Nerv zum Musculus piriformis, Nerven zum Musculus levator ani)
- sensible Äste zur Haut über der unteren Regio glutealis und den Hinterseiten von Oberschenkel und oberem Unterschenkel (Nervus cutaneus perforans und **Nervus cutaneus femoris posterior;**Abb. 5.59 und 5.60).

Der **Nervus gluteus superior**, der durch Äste der dorsalen Anteile der Segmente L4 bis S1 gebildet wird, verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus oberhalb des Musculus piriformis und versorgt Muskeln in der Regio glutealis – **Musculus gluteus medius, Musculus gluteus minimus** und **Musculus tensor fasciae latae**.

Der **Nervus gluteus inferior**, der durch Äste der dorsalen Anteile der Segmente L5 bis S2 gebildet wird, verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und versorgt den **Musculus gluteus maximus**, den größten Muskel in der Regio glutealis.

Die Glutealnerven werden beide von entsprechenden Gefäßen begleitet.

Der **Nervenast zum Musculus obturatorius internus** und **Musculus gemellus superior** wird von den ventralen Anteilen der Segmente L5 bis S2 gebildet und verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis. Wie der Nervus pudendus zieht er um die Spina ischiadica und durch das

Foramen ischiadicum minus zur Regio perinealis und versorgt den Musculus obturatorius internus von der medialen Seite des Muskels unterhalb der Befestigung des Musculus levator ani.

Der **Nerv zum Musculus quadratus femoris** und **Musculus gemellus inferior** sowie der **Nervus cutaneus femoris posterior** verlassen ebenfalls die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und ziehen zu Muskulatur und Haut der unteren Extremität.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Nerven des Plexus sacralis, die die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus entweder ober- oder unterhalb des Musculus piriformis verlassen, tritt der **Nervus clunium inferior medialis** direkt durch das Ligamentum sacrotuberale aus der Beckenhöhle und zieht zur Haut der mediokaudalen Gesäßregion.

Der **Nervenast zum Musculus piriformis** und eine Reihe kleiner Nerven zum Musculus levator ani und zum Musculus coccygeus entspringen vom Plexus sacralis und ziehen, ohne die Beckenhöhle zu verlassen, direkt zu ihren Zielmuskeln.

Der **Nervus obturatorius** (L2 – L4) ist ein Ast des Plexus lumbalis. Er verläuft an der hinteren Bauchwand innerhalb des Musculus psoas nach kaudal, tritt an der medialen Seite des Musculus psoas aus, verläuft am Beckeneingang dorsal der Arteria iliaca communis und medial der Arteria iliaca interna und zieht dann entlang der lateralen Beckenwand. Er verlässt die Beckenhöhle durch den Canalis obturatorius und innerviert die Adduktoren des Oberschenkels.

Plexus coccygeus

Der kleine Plexus coccygeus enthält einen kleinen Anteil von S4 und wird hauptsächlich durch die Rami anteriores der Segmente S5 und Co, die unterhalb des Beckenbodens entspringen, gebildet. Sie treten durch den Musculus coccygeus in die Beckenhöhle und vereinigen sich mit dem Ramus anterior von S4 zu einem einzelnen Stamm, aus dem die **Nervi anococcygei** entspringen (Tab. 5.4). Die Nervi anococcygei durchdringen den Muskel und die darüberliegenden Ligamenta sacrospinale und sacrotuberale, um oberflächlich die Haut über der Regio analis der Regio perinealis zu innervieren.

Viszerale Plexus

Truncus sympathicus

Der paravertebrale Anteil des vegetativen Nervensystems wird im Becken durch die unteren Anteile des Truncus sympathicus (Grenzstrang) repräsentiert (Abb. 5.61). Die beiden Grenzstränge verlaufen vom Abdomen medial der Trunci lumbosacrales und dorsal der Vasa iliaca über die Ala ossis sacri in das Becken. Sie ziehen entlang der Vorderfläche des Os sacrum medial der Foramina sacralia anteriora nach kaudal. Jeder Strang besitzt vier

Ganglien. Vor dem Os coccygis vereinigen sich die beiden Grenzstränge zu einem einzelnen kleinen Endganglion **(Ganglion impar)**.

In den kaudalen Grenzstrangganglien des Beckens werden über die Rami anteriores der Sakralnerven kommende präganglionäre sympathische Fasern auf postganglionäre sympathische Neurone umgeschaltet. Deren Fortsätze gelangen in die Peripherie, hauptsächlich zur unteren Extremität und zur Regio perinealis. Die postganglionären Fasern verlassen den Grenzstrang über Rami communicantes grisei, die den Grenzstrang mit den sakralen Rami anteriores verbinden.

Zusätzlich zu den Rami communicantes grisei tragen weitere Äste **(Nervi splanchnici sacrales)** zum Beckenanteil des Plexus prevertebralis bei, der für die Innervation der Beckeneingeweide verantwortlich ist.

Ausdehnung des Plexus prevertebralis im Becken

440
441

Die Beckenanteile des Plexus prevertebralis enthalten sympathische, parasympathische und viszerosensible Fasern (Abb. 5.62A). Sie sind für die Innervation der Beckeneingeweide und der Schwellgewebe in der Regio perinealis zuständig.

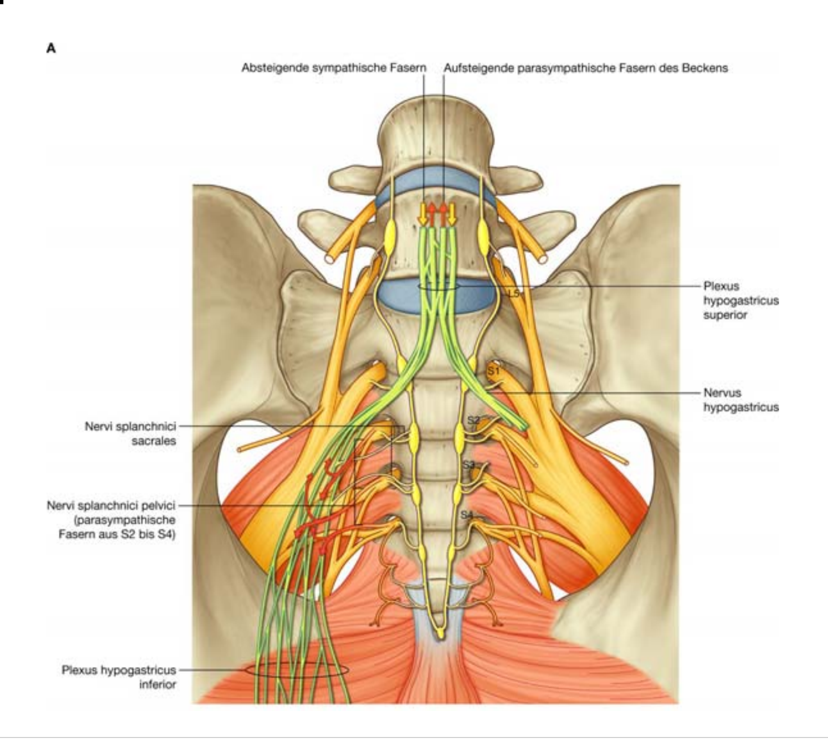
Der Plexus prevertebralis gelangt über die beiden **Nervi hypogastrici**, die den Beckeneingang jeweils medial der Vasa iliaca interna passieren, in die Beckenhöhle. Die Nervi hypogastrici formieren sich durch Trennung der Fasern des Plexus hypogastricus superior in ein rechtes und ein linkes Bündel. Der **Plexus hypogastricus superior** befindet sich vor dem 5. Lendenwirbel zwischen Promontorium des Os sacrum und Gabelung der Aorta.

Durch Vereinigung der Nervi hypogastrici mit den Nervi splanchnici pelvici, die präganglionäre parasympathische Fasern aus den Segmenten S2 bis S4 mit sich führen, entstehen die **Plexus hypogastrici inferiores** (Abb. 5.62). Die Plexus hypogastrici inferiores ziehen beidseits entlang den Beckenwänden kaudalwärts und befinden sich dabei medial der größeren Gefäße und der somatischen Nerven. Aus ihnen entspringen folgende untergeordneten Plexus, die der Innervation der Beckeneingeweide dienen:

- Plexus rectalis
- Plexus uterovaginalis
- Plexus prostaticus
- Plexus vesicalis.

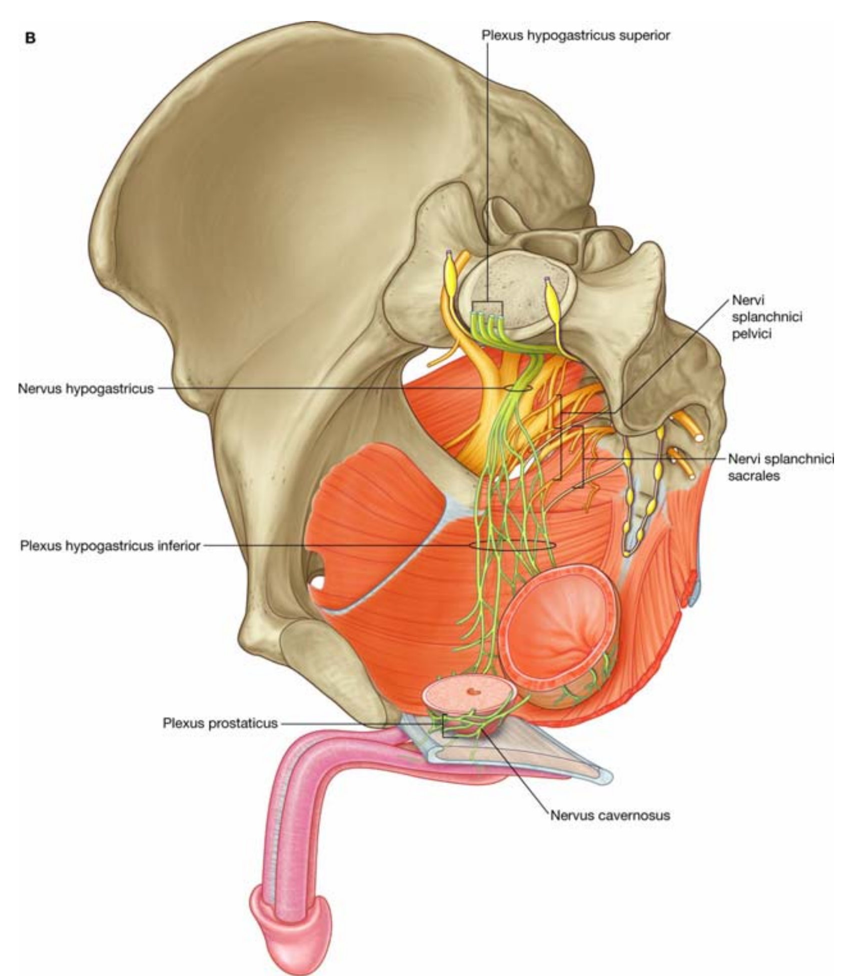
Endäste der Plexus hypogastrici inferiores durchbohren und passieren das Spatium profundum perinei, um die Schwellgewebe von Penis und Klitoris in der Regio perinealis zu innervieren (Abb. 5.62B). Beim Mann handelt es sich bei diesen Nerven, die als **Nervi cavernosi** bezeichnet werden, um Anteile des Plexus prostaticus. Das Verteilungsmuster der vergleichbaren Nervenfasern bei der Frau ist noch nicht vollständig geklärt, aber es handelt sich dabei wahrscheinlich um Anteile aus dem Plexus uterovaginalis.

Abb. 5.62



441

442



Ausdehnung des Plexus prevertebralis im Becken. **A**. Von ventral. **B**. Rechte Seite des Plexus prevertebralis von medial ventral.

442

Sympathische Fasern

Sympathische Fasern gelangen über die Nervi hypogastrici und Äste des oberen sakralen Grenzstrangs (Nervi splanchnici sacrales) zu den Plexus hypogastrici inferiores (Abb. 5.62). Außerdem enthalten die Nerven präganglionäre Fasern aus den vorderen Wurzeln des Rückenmarks, hauptsächlich aus den Segmenten T10 bis L2. Diese Fasern

- innervieren Blutgefäße
- führen zur Kontraktion der glatten Muskulatur des Musculus sphincter urethrae internus beim Mann und des Musculus sphincter ani internus bei beiden Geschlechtern
- führen zu Kontraktionen der glatten Muskulatur des Reproduktionstrakts und der akzessorischen Drüsen des Reproduktionstrakts
- sind für den Sekrettransport aus dem Nebenhoden sowie den beteiligten Drüsen in die Urethra zur Bildung des Spermas während der Ejakulation verantwortlich.

Parasympathische Fasern

Parasympathische Fasern gelangen über Nervi splanchnici pelvici, die den Rückenmarkssegmenten S2 bis S4 entspringen, zum Plexus pelvicus (Abb. 5.62A). Diese Fasern

- wirken im Allgemeinen vasodilatierend
- führen zu Kontraktionen der Harnblase
- führen zur Erektion
- modulieren die Aktivität des enterischen Nervensystems des Kolons distal der linken Kolonflexur (zusätzlich zur Versorgung der Beckeneingeweide ziehen manche Fasern des Plexus pelvicus nach kranial zum Plexus prevertebralis oder als gesonderte Nerven zum Plexus mesentericus inferior des Abdomens).

Viszerosensible Fasern

Viszerosensible Fasern folgen dem Verlauf sympathischer und parasympathischer Fasern zum Rückenmark. Sensible Fasern, die das Rückenmark in den unteren Thorakal- und den Lumbalsegmenten mit sympathischen Fasern erreichen, vermitteln im Allgemeinen Schmerz. Allerdings können Schmerzfasern von der Cervix uteri und manche Schmerzfasern von der Harnblase und der Urethra auch mit parasympathischen Nerven zu den Sakralsegmenten des Rückenmarks gelangen.

Klinik

Prostatektomie und Impotenz

Zur Behandlung eines Prostatakarzinoms kann ein radikaler chirurgischer Eingriff notwendig sein. Dabei werden die Prostata und ihre Anhaftungsstellen um den Blasenfundus einschließlich der Samenblasen in toto entfernt. Teile des Plexus hypogastricus inferior in dieser Region führen Nervenfasern zur Innervation der Schwellkörpergewebe des Penis. Gelingt es nicht, die Nerven im Rahmen der Prostatektomie zu erhalten, kommt es zur Impotenz.

Vergleichbar kann es zur sexuellen Dysfunktion bei der Frau kommen, wenn entsprechende Nervenfasern im Rahmen einer Beckenoperation (z.B. einer totalen Hysterektomie) verletzt werden.

Blutgefäße

Arterien

Die Hauptarterie des Beckens und der Regio perinealis ist auf beiden Seiten die Arteria iliaca interna (Abb. 5.63). Zusätzlich zur Blutversorgung der meisten Beckeneingeweide, der Beckenwände, des Beckenbodens und von Strukturen in der Regio perinealis einschließlich der Schwellkörpergewebe von Penis und Klitoris speist sie Äste, die Nerven in die Regio glutealis oder zur unteren Extremität begleiten. Andere Gefäße, die im Abdomen entspringen und zur Versorgung von Strukturen des Beckens beitragen, sind die Arteria sacralis mediana und bei der Frau die Arteriae ovaricae.

Arteria iliaca interna

Die Arteria iliaca interna entspringt beidseits ungefähr auf Höhe des Discus intervertebralis zwischen L5 und S1 aus der Arteria iliaca communis und befindet sich ventral und medial der Articulatio sacroiliaca (Abb. 5.63). Das Gefäß zieht über den Beckeneingang nach kaudal und teilt sich anschließend auf Höhe des Oberrandes des Foramen ischiadicum majus in einen Truncus anterior und einen Truncus posterior. (Die beiden Trunci haben im deutschsprachigen Raum keine eigenen Namen und werden in Atlanten nicht als solche bezeichnet. Der Truncus anterior bildet in seiner Verlängerung die Arteria glutea inferior, der Truncus posterior wird zur Arteria glutea superior.) Äste des Truncus posterior tragen zur Blutversorgung der unteren hinteren Bauchwand, der hinteren Beckenwand und der Regio glutealis bei. Äste des Truncus anterior versorgen die Beckeneingeweide, die Regio perinealis, die Regio glutealis, die Adduktoren des Oberschenkels und bei der Schwangeren die Plazenta.

443
444

Truncus posterior

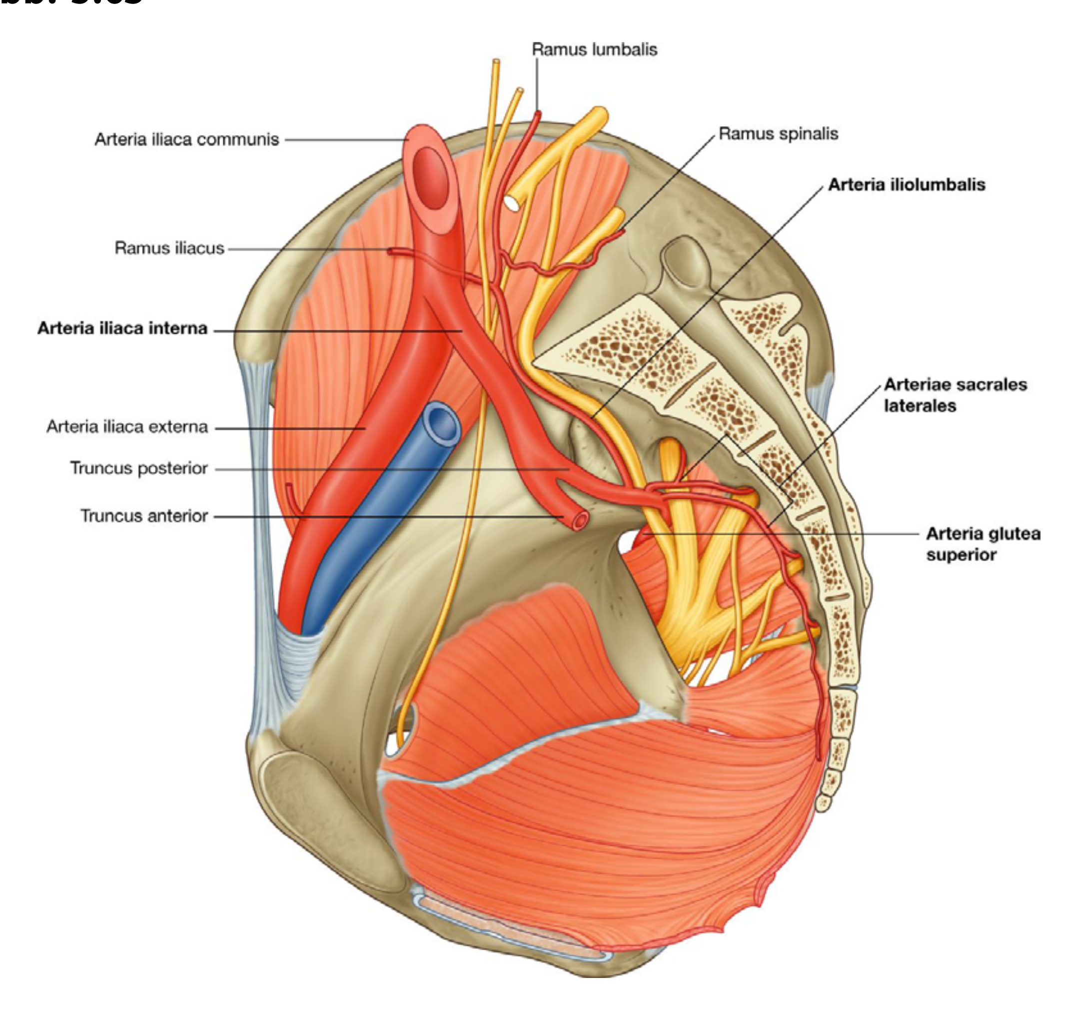
Äste des Truncus posterior der Arteria iliaca interna sind die Arteriae iliolumbalis, sacralis lateralis und glutea superior (Abb. 5.63):

- Die **Arteria iliolumbalis** zieht seitlich aus dem Beckeneingang zurück nach oben und teilt sich in einen Ramus lumbalis und einen Ramus iliacus. Der Ramus

lumbalis trägt zur Blutversorgung der hinteren Bauchwand, des Musculus psoas und des Musculus quadratus lumborum bei und gibt einen kleinen Ramus spinalis ab, der durch das Foramen intervertebrale zwischen L5 und S1 zieht. Der Ramus iliacus zieht seitlich in die Fossa iliaca, um Muskulatur und Knochen zu versorgen.

- Die **Arteriae sacrales laterales** (normalerweise zwei) entspringen aus dem hinteren Teil der Arteria iliaca interna und ziehen entlang der hinteren Beckenwand nach medial und kaudal. Sie speisen Äste, die in die Foramina sacralia anteriora ziehen, um dort Knochen und Weichteile, Strukturen im Canalis vertebralis (sacralis) und Haut und Knochen dorsal des Os sacrum zu versorgen.
- Die **Arteria glutea superior** ist der größte Ast der Arteria iliaca interna und der Endabschnitt des Truncus posterior. Sie zieht nach dorsal, verläuft hier normalerweise zwischen Truncus lumbosacralis und Ramus anterior von S1, verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus oberhalb des Musculus piriformis und tritt in die Regio glutealis der unteren Extremität ein. Das Gefäß trägt entscheidend zur Blutversorgung der Muskulatur und Haut der Regio glutealis bei und gibt außerdem Äste zu angrenzenden Muskeln und Knochen der Beckenwände ab.

Abb. 5.63



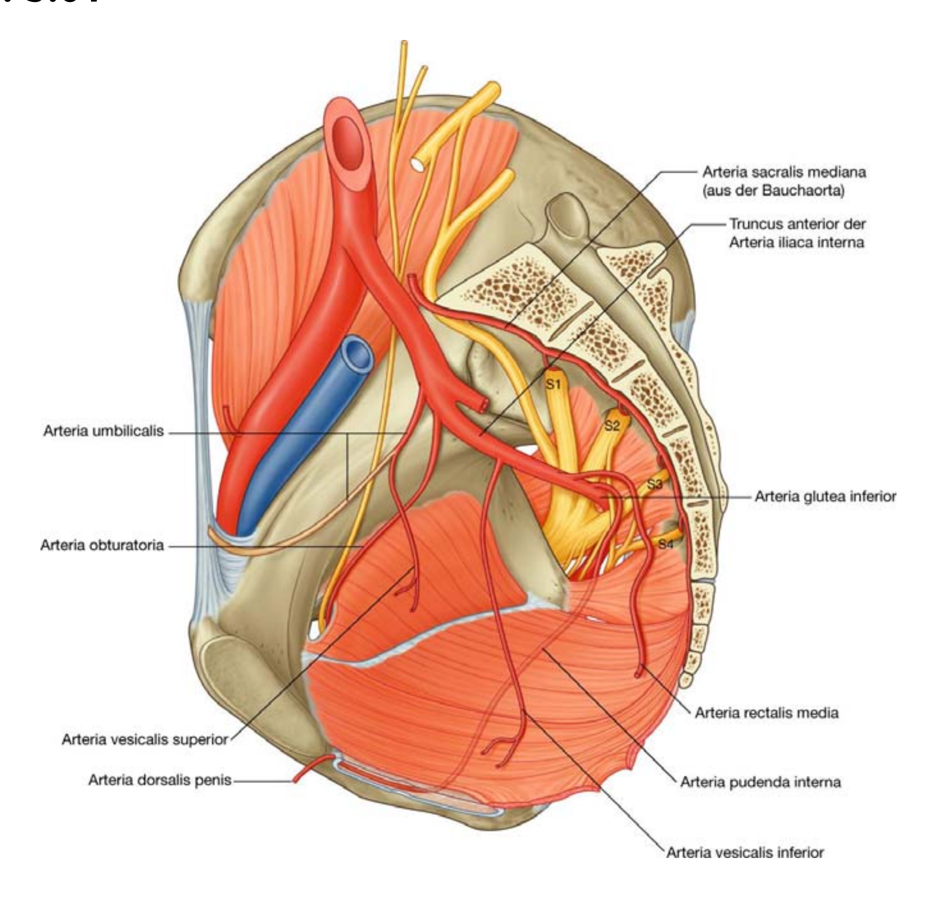
Äste des Truncus posterior der Arteria iliaca interna.

Truncus anterior

Äste des Truncus anterior der Arteria iliaca interna sind die Arteriae vesicalis superior, umbilicalis, vesicalis inferior, rectalis media, uterina, vaginalis, obturatoria, pudenda interna und glutea inferior (Abb. 5.64).

- Der erste Ast des Truncus anterior ist die **Arteria umbilicalis**, die die Arteria vesicalis superior abgibt und dann direkt unterhalb des Randes des Beckeneingangs nach vorn zieht. Ventral verlässt das Gefäß die Beckenhöhle und zieht in der vorderen Bauchwand nach kranial zum Nabel (Umbilicus). Beim Fetus ist die Arteria umbilicalis groß und führt Blut vom Fetus zur Plazenta. Nach der Geburt obliteriert das Gefäß distal des Abgangs der Arteria vesicalis superior und wird schließlich zu einem soliden fibrösen Strang. Der fibröse Rest der Arteria umbilicalis wird als **Ligamentum umbilicale medianum** bezeichnet, das auf der Rückseite der vorderen Bauchwand eine Peritonealfalte aufwirft, die **Plica umbilicalis medialis**.
- Die **Arteria vesicalis superior** entspringt normalerweise aus der Wurzel der Arteria umbilicalis und zieht zur Versorgung des oberen Anteils der Harnblase und der distalen Urethra nach medial und unten. Beim Mann kann aus ihr die Arteria ductus deferentis, eine Arterie zur Versorgung des Ductus deferens, abgehen.

Abb. 5.64



Äste des Truncus anterior der Arteria iliaca interna.

- Die **Arteria vesicalis inferior** kommt nur beim Mann vor und gibt Äste zu Harnblase, Ureter, Samenblase und Prostata ab. Die **Arteria vaginalis** bei der Frau entspricht der Arteria vesicalis inferior beim Mann und gibt bei ihrem kaudalen Verlauf zur Vagina Äste zu Vagina und angrenzenden Bereichen von Harnblase und Rektum ab.

445
446

- Die **Arteria rectalis media** zieht nach medial zur Versorgung des Rektums. Das Gefäß anastomosiert mit der Arteria rectalis superior, die aus der Arteria mesenterica inferior im Abdomen entspringt, und mit der Arteria rectalis inferior, die aus der Arteria pudenda interna in der Regio perinealis hervorgeht.
- Die **Arteria obturatoria** verläuft entlang der vorderen Beckenwand und verlässt die Beckenhöhle durch den Canalis obturatorius. Gemeinsam mit dem oben liegenden Nervus obturatorius und der unten liegenden Vena obturatoria tritt sie in den Adduktorenbereich des Oberschenkels ein und versorgt ihn.
- Die **Arteria pudenda interna** zieht von ihrem Ursprung im Truncus anterior nach kaudal und verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis. Gemeinsam mit dem medial von ihr verlaufenden Nervus pudendus zieht sie nach lateral zur Spina ischiadica und anschließend durch das Foramen ischiadicum minus zur Regio perinealis. Die Arteria pudenda interna ist die Hauptarterie der Regio perinealis. Zu den Strukturen, die sie versorgt, gehören die Schwellkörpergewebe von Penis und Klitoris.
- Die **Arteria glutea inferior** ist ein großer Endast des Truncus anterior der Arteria iliaca interna. Sie verläuft zwischen den Rami anteriores von S1 und S2 oder S2 und S3 des Plexus sacralis und verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis. Sie tritt anschließend in die Regio perinealis ein, zu deren Blutversorgung sie beiträgt, und anastomosiert mit einem Gefäßnetz um das Hüftgelenk.
- Die **Arteria uterina** zieht bei der Frau nach medial und vorn in die Basis des Ligamentum latum uteri zur Cervix uteri (Abb. 5.65). In ihrem Verlauf kreuzt sie den Ureter und tritt nach kranial zur Pars lateralis fornicis vaginae. An der Zervix verläuft die Arteria uterina entlang dem lateralen Uterusrand kranialwärts zur Tuba uterina und anastomosiert über einen Ramus tubarius entlang der Tuba uterina in der Mesosalpinx und einen Ramus ovaricus entlang dem Ovar im Mesovar mit der Arteria ovarica. Kaudalwärts anastomosiert sie über einen Ramus vaginalis mit der Arteria vaginalis. Die Arteria uterina stellt den größten Teil der Blutversorgung des Uterus und vergrößert sich während der Schwangerschaft erheblich. Durch Anastomosen mit anderen Arterien trägt das Gefäß zur Blutversorgung von Vagina und Ovar bei.

Arteriae ovaricae

Bei der Frau entspringen Arteriae ovaricae aus der Bauchaorta und ziehen kaudalwärts zu den Ovarien. Sie passieren dabei den Beckeneingang. Im Becken anastomosieren sie jeweils über den Ramus tubarius und den Ramus ovaricus mit der Arteria uterina (Abb. 5.65). Auf beiden Seiten treten die Gefäße am Beckeneingang in das **Ligamentum suspensorium ovarii** ein, um jeweils mit dem Band zu den Ovarien zu gelangen. Äste ziehen durch das Mesovar zum Ovar und zur Anastomosenbildung mit der Arteria uterina durch das Ligamentum latum uteri. Die Arteriae ovaricae vergrößern sich während der Schwangerschaft erheblich, um die uterine Blutzufuhr zu gewährleisten.

Arteria sacralis mediana

Die Arteria sacralis mediana (Abb. 5.64 und 5.65) entspringt im Abdomen auf Höhe des 4. Lendenwirbels direkt oberhalb der Gabelung der Aorta an deren Hinterfläche. Sie zieht in der Mittellinie kaudalwärts, passiert den Beckeneingang und verläuft dann entlang der Vorderfläche von Os sacrum und Os coccygis. Sie speist das unterste Paar der Lumbalarterien sowie Äste, die mit der Arteria iliolumbalis und den Arteriae sacrales laterales anastomosieren.

Venen

Die Beckenvenen folgen dem Verlauf aller Äste der Arteria iliaca interna mit Ausnahme der Arteria umbilicalis und der Arteria iliolumbalis (Abb. 5.66A). Auf beiden Seiten gewinnen die Venen Anschluss an die Venae iliacae internae, die die Beckenhöhle verlassen und sich mit den Venae iliacae communes vereinigen, die sich unmittelbar oberhalb und lateral des Beckeneingangs befinden.

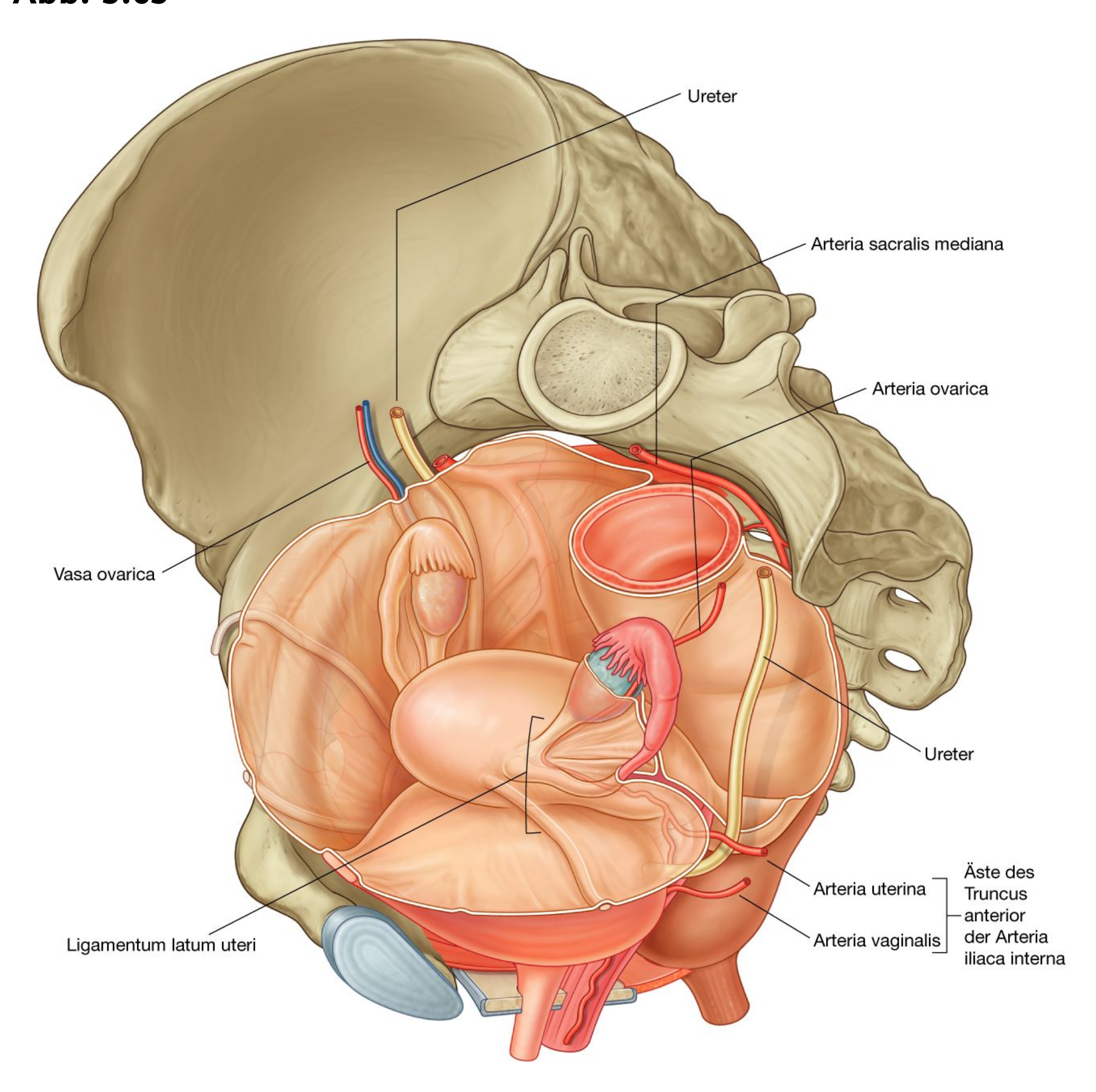
In der Beckenhöhle befinden sich ausgedehnte, miteinander in Verbindung stehende venöse Plexus an den Oberflächen der Organe (Harnblase, Rektum, Prostata, Uterus und Vagina). Gemeinsam bilden sie den **Plexus venosus pelvicus**. Der venöse Plexus, der Rektum und Analkanal umgibt, fließt über die Venae rectales superiores (Äste der Venae mesentericae inferiores) in das Pfortadersystem zur Leber und über Venae rectales mediae und inferiores in das Venacava-System ab. Der Plexus ist eine wichtige portokavale Anastomose, wenn das Pfortadersystem nicht mehr durchgängig ist (Abb. 5.66B).

Der untere Teil des Plexus venosus rectalis um den Analkanal hat zwei Anteile, einen inneren und einen äußeren. Der **Plexus venosus rectalis internus** befindet sich im Bindegewebe zwischen dem Musculus sphincter ani internus und dem Epithel, das den Analkanal auskleidet, und bildet das bereits erwähnte **Corpus cavernosum ani**. Dieser Plexus verbindet sich kranial mit longitudinal angeordneten Ästen der Vena rectalis superior, die sich jeweils in einer Columna analis befinden. *Eine übermäßige Dilatation der Gefäße des Corpus cavernosum ani führt zur Ausbildung von Hämorrhoiden, die sich oberhalb der Linea pectinata (dentata) befinden und von Kolonschleimhaut bedeckt sind.* Der **Plexus venosus rectalis externus (subanodermales Venengeflecht)** umgibt den Musculus sphincter ani

externus und liegt subkutan. *Thrombosen mit massiver Erweiterung eines oder mehrerer Gefäße des Plexus venosus rectalis externus werden als Analvenenthrombose und häufig fälschlicherweise auch als äußere Hämorrhoiden bezeichnet.*

446
447

Abb. 5.65



Arteriae uterinae und vaginales.

Die unpaare **Vena dorsalis profunda** der Schwellkörpergewebe von Penis und Klitoris folgt nicht dem Verlauf von Ästen der Arteria pudenda interna in die Beckenhöhle. Stattdessen zieht sie durch einen Spalt zwischen Ligamentum arcuatum pubis und dem Vorderrand der Membrana perinei direkt in die Beckenhöhle. Beim Mann schließt sie sich dem Plexus venosus prostaticus und bei der Frau dem Plexus venosus vesicalis an (oberflächliche Venen der Haut von Penis und entsprechenden Regionen der Klitoris gewinnen Anschluss an die Venae pudendae externae, die Äste der Vena saphena magna des Oberschenkels sind).

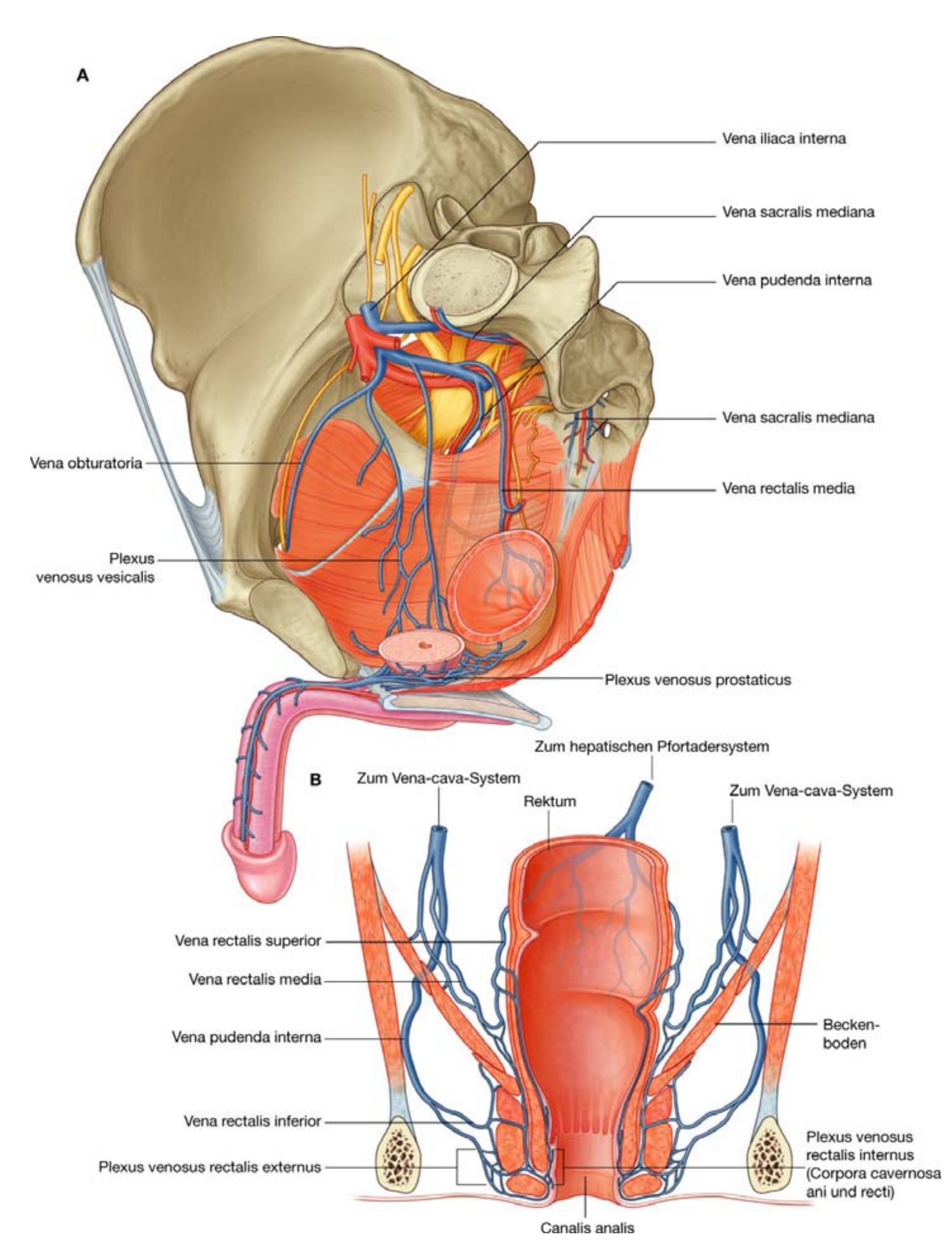
Neben den Ästen der Vena iliaca interna folgen Venae sacrales medianae und Venae ovaricae dem Verlauf der Arteria sacralis mediana und der Arteria ovarica und verlassen die Beckenhöhle, um sich Venen im Abdomen anzuschließen:

- Die **Venae sacrales medianae** vereinigen sich zu einer einzelnen Vene, die sich entweder der linken Vena iliaca communis oder der Vereinigung der beiden Venae iliacae communes zur Vena cava inferior anschließt.
- Die **Venae ovaricae** folgen dem Verlauf der entsprechenden Arterien; im Abdomen gewinnen sie auf der linken Seite Anschluss an die Vena renalis sinistra; auf der rechten Seite drainieren sie in die Vena cava inferior.

447

448

Abb. 5.66



Beckenvenen. **A**. Beim Mann, linke Beckenseite und größter Teil der Organe entfernt. **B**. Venen, die mit dem Rektum und dem Canalis analis assoziiert sind.

448

Lymphgefäße

Die Lymphgefäße der meisten Beckeneingeweide drainieren Lymphe überwiegend in die Lymphknoten entlang den Arteriae iliacae internae und externae (Nodi lymphoidei iliaci interni und externi) und deren Äste (Abb. 5.67), die ihrerseits in Lymphknoten entlang den Arteriae iliacae communes (Nodi lymphoidei iliaci communes) und über diese in Lymphknoten entlang der Aorta drainieren. Der weitere Abfluss dieser lateral der Aorta gelegenen Lymphknoten (Nodi lymphoidei paraaortici) erfolgt in die Trunci lumbales, die sich bis zum Ursprung des Ductus thoracicus etwa auf Höhe des 12. Brustwirbels fortsetzen.

Lymphgefäße der Ovarien und assoziierte Strukturen des Uterus und der Tubae uterinae verlassen die Beckenhöhle kranialwärts und fließen über Gefäße, die die Arteriae ovaricae begleiten, direkt in die Nodi lymphoidei paraaortici und in manchen Fällen in präaortale Lymphknoten (Nodi lymphoidei preaortici) an der Vorderseite der Aorta ab.

Außer von den Beckeneingeweiden erhalten die Lymphknoten entlang der Arteria iliaca interna auch Lymphe aus der Regio glutealis der unteren Extremität und aus tiefen Bereichen der Regio perinealis.

REGIO PERINEALIS

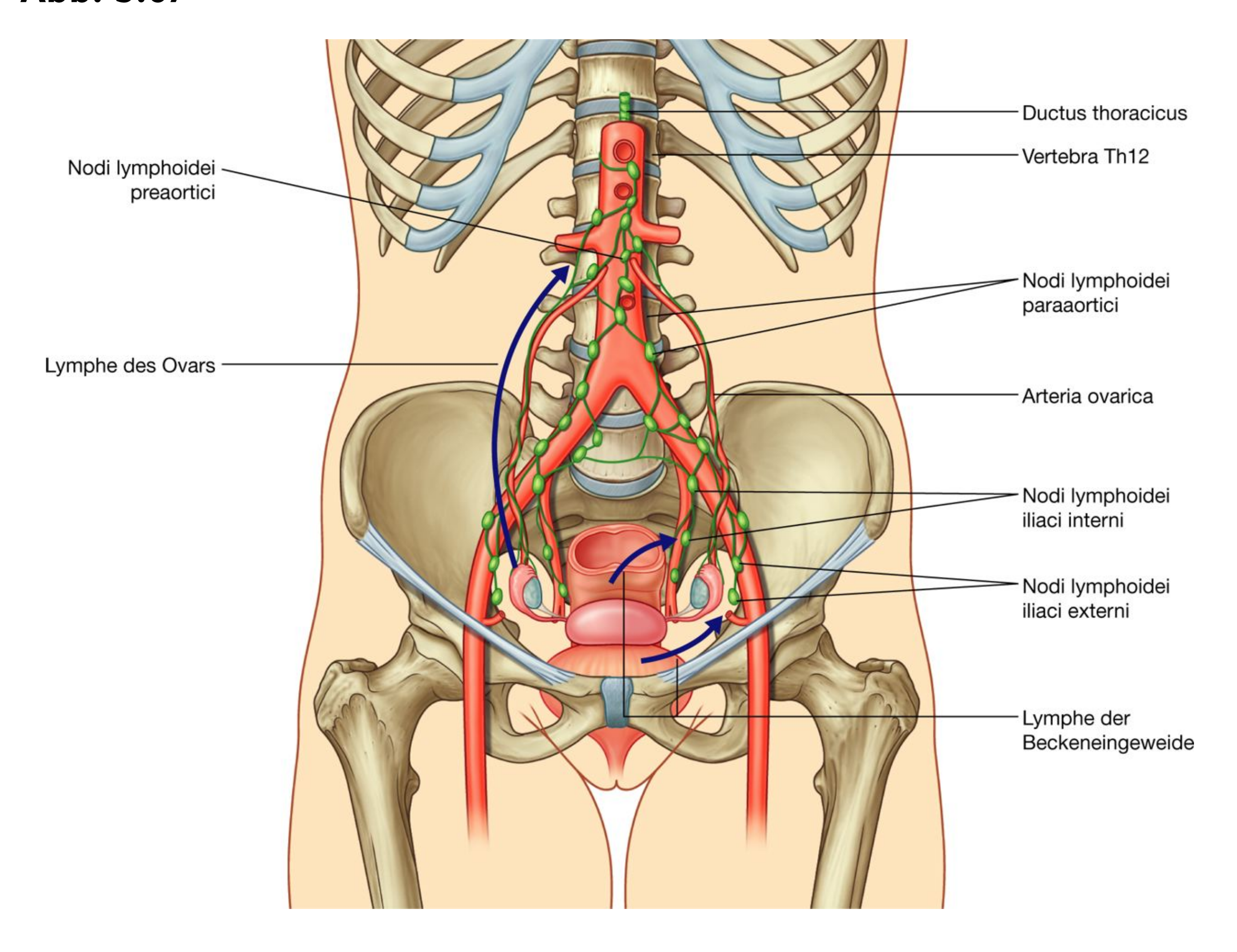
Die Regio perinealis ist ein rautenförmiger Bereich unterhalb des Beckenbodens zwischen den Oberschenkeln. Ihre periphere Grenze ist der Beckenausgang, ihre Decke das Diaphragma pelvis (Musculus levator ani und Musclulus coccygeus). Ihre schmalen Seitenwände werden von den Beckenwänden unterhalb des Ansatzes des Musculus levator ani gebildet (Abb. 5.68A).

Die Regio perinealis wird in zwei dreieckige Flächen eingeteilt: die vordere Regio urogenitalis und die hintere Regio analis.

- Die Regio urogenitalis enthält die Öffnungen des Urogenitaltrakts und dient der Befestigung der äußeren Geschlechtsorgane.
- Die Regio analis umfasst den Anus und den Musculus sphincter ani externus.

Der Nervus pudendus (S2 – S4) und die Arteria pudenda interna sind Hauptnerv und arterie der Regio perinealis.

Abb. 5.67



Lymphgefäße des Beckens.

449
450

Grenzen und Decke

Die Regio perinealis wird vorn vom Unterrand der Symphysis pubica, hinten von der Steißbeinspitze und an beiden lateralen Punkten jeweils vom Tuber ischiadicum begrenzt (Abb. 5.68A). Die seitlichen Ränder werden vorn von den beiden Rami ischiopubici und hinten von den Ligamenta sacrotuberalia gebildet. *Die Symphysis pubica, die Tubera ischiadica und das Os coccygis sind beim Patienten palpierbar*.

Die Regio perinealis wird durch eine imaginäre Linie zwischen den beiden Tubera ischiadica in zwei dreieckige Regionen geteilt. Vor der Linie befindet sich die Regio urogenitalis, dahinter die Regio analis. Wichtig ist, dass die beiden Regionen nicht in einer Ebene liegen. In anatomischer Lage befindet sich die Regio urogenitalis in der Horizontalebene; die Regio analis ist an der Verbindungslinie der Tubera ischiadica nach oben gekippt, sodass sie mehr nach dorsal zeigt.

Das Dach der Regio perinealis wird hauptsächlich durch die Musculi levatores ani gebildet, welche die kranial liegende Beckenhöhle von der kaudal liegenden Regio perinealis trennen. Die paarigen Muskeln bilden das trichterförmige Diaphragma pelvis mit der Apertura analis in der Regio analis an seiner kaudalen Spitze.

Vorn ermöglicht ein U-förmiger Spalt **(Hiatus urogenitalis)** in der Muskulatur der **Regio urogenitalis** den Durchtritt von Urethra und Vagina.

Diaphragma urogenitale

Das Diaphragma urogenitale ist eine kräftige Platte aus Bindegewebe und Muskulatur, die die Regio urogenitalis ausfüllt (Abb. 5.68B). Es hat einen freien Hinterrand, der an der Mittellinie am Centrum perinei verankert ist. Lateral ist das Diaphragma jeweils am Arcus pubicus befestigt. Muskuläre Grundlage des Diaphragmas ist der **Musculus transversus perinei profundus**. Zentral eingelagert ist ferner der Musculus sphincter urethrae externus um die Urethra (Abb. 5.36). Die Muskulatur wird kranial von der **Fascia superior diaphragmatis urogenitalis** und kaudal von der **Fascia inferior diaphragmatis urogenitalis** bedeckt. Beide Faszienblätter werden gemeinsam als Colles-Faszie bezeichnet.

Das Diaphragma urogenitale stützt die äußeren Geschlechtsorgane, die an seiner Unterseite befestigt sind. Außerdem bildet es einen Teil des Beckenbodens.

Die Urethra verlässt die Beckenhöhle und tritt in die Regio perinealis ein, indem sie durch das Diaphragma urogenitale zieht. Bei der Frau tritt auch die Vagina hinter der Urethra durch das Diaphragma.

Fossa ischioanalis und zugehörige Recessus anteriores

Da die Musculi levatores ani von ihrem kranialen Ursprung an der seitlichen Beckenwand nach medial zur kaudal liegenden Apertura analis und zum Hiatus urogenitalis verlaufen und dadurch die Form eines Trichters haben, kommt es seitlich zur Bildung von Zwischenräumen in Form eines umgedrehten Keils zwischen Musculi levatores ani und den angrenzenden Beckenwänden (Abb. 5.69). In der Regio analis sind die Zwischenräume, die sich beidseits der Apertura analis befinden, die **Fossae ischioanales**. Die laterale Wand jeder Fossa ischioanalis wird überwiegend vom Os ischii, vom Musculus obturatorius internus und vom Ligamentum sacrotuberale gebildet. Die mediale Wand ist der Musculus levator ani. Die laterale und mediale Wand konvergieren kranial an der Ansatzstelle des Musculus levator ani an der Fascia obturatoria. Die Fossa ischioanalis ermöglicht Bewegungen des Diaphragma pelvis und Erweiterungen des Canalis analis während der Defäkation.

Die Fossae ischioanales verlaufen ventral oberhalb des Diaphragma urogenitale bis zum Os pubis. Diese Ausdehnungen werden als **Recessus anteriores der Fossae ischioanales** bezeichnet und haben die Form einer dreiseitigen Pyramide, die auf eine ihrer Seitenflächen gekippt ist (Abb. 5.69C). Die Spitze jeder Pyramide ist verschlossen und zeigt nach vorn auf das Os pubis. Die Basis ist offen und zeigt dorsalwärts zum Hauptanteil der Fossa ischioanalis. Die Unterseite jeder Pyramide ist die Fascia superior diaphragmatis urogenitalis. Die obere mediale Wand wird von der Fascia inferior diaphragmatis pelvis auf dem Musculus levator ani gebildet; die obere laterale Wand wird hauptsächlich durch die Fascia obturatoria auf dem Musculus obturatorius internus gebildet. Die Fossae ischioanales und ihre Recessus anteriores enthalten normalerweise Fettgewebe.

Klinik

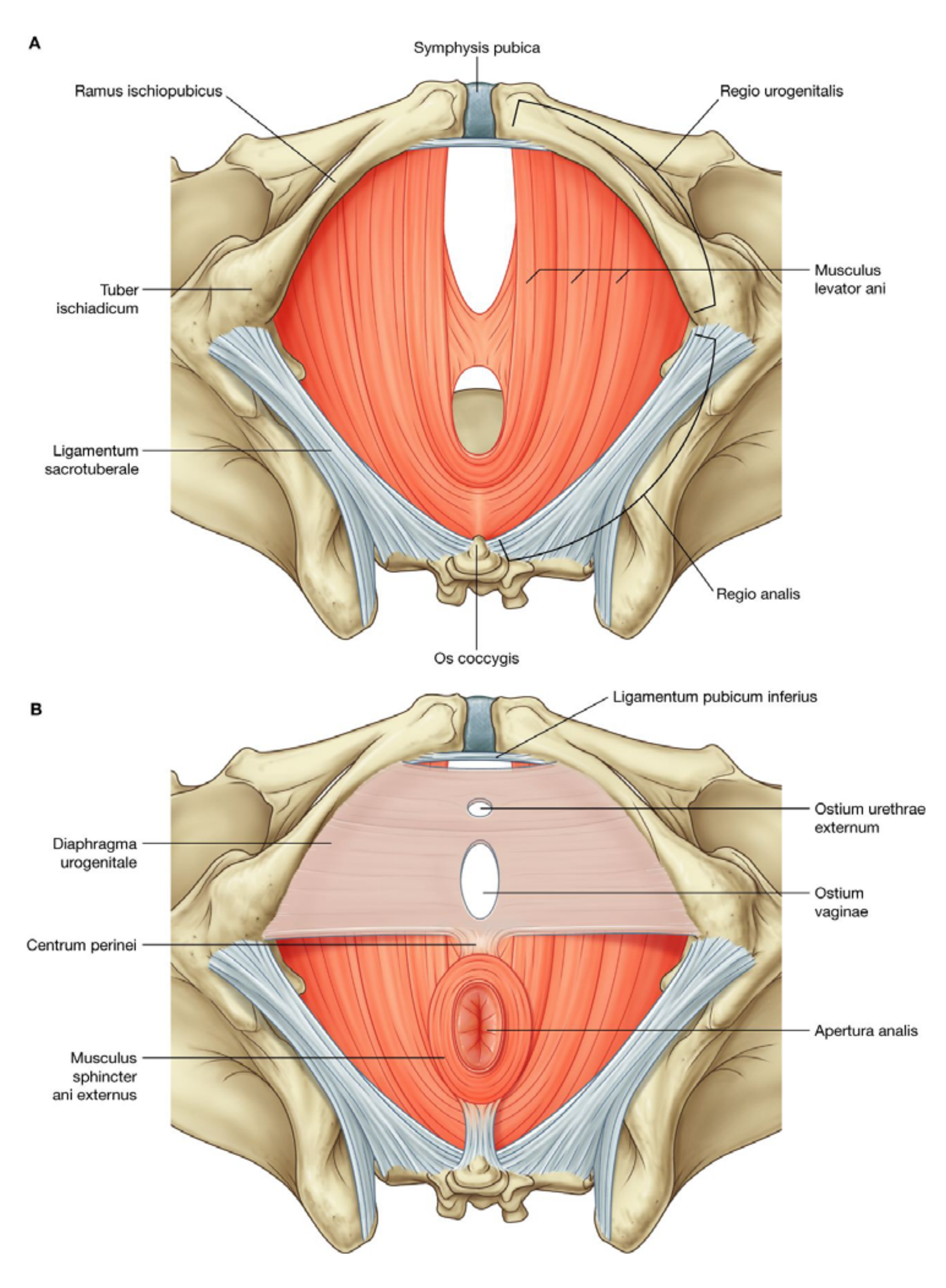
Abszesse in der Fossa ischioanalis

Die Analschleimhaut ist besonders empfindlich gegenüber Verletzungen und kann leicht durch harten Kot einreißen. Gelegentlich entzündet oder infiziert sich der Canalis analis (besonders im Bereich der Sinus oder Krypten). Die Infektion kann sich zwischen den Sphinkteren ausbreiten und intersphinktäre Fisteln verursachen sowie nach kranial in die Beckenhöhle oder nach lateral in die Fossae ischioanales fortschreiten.

450

451

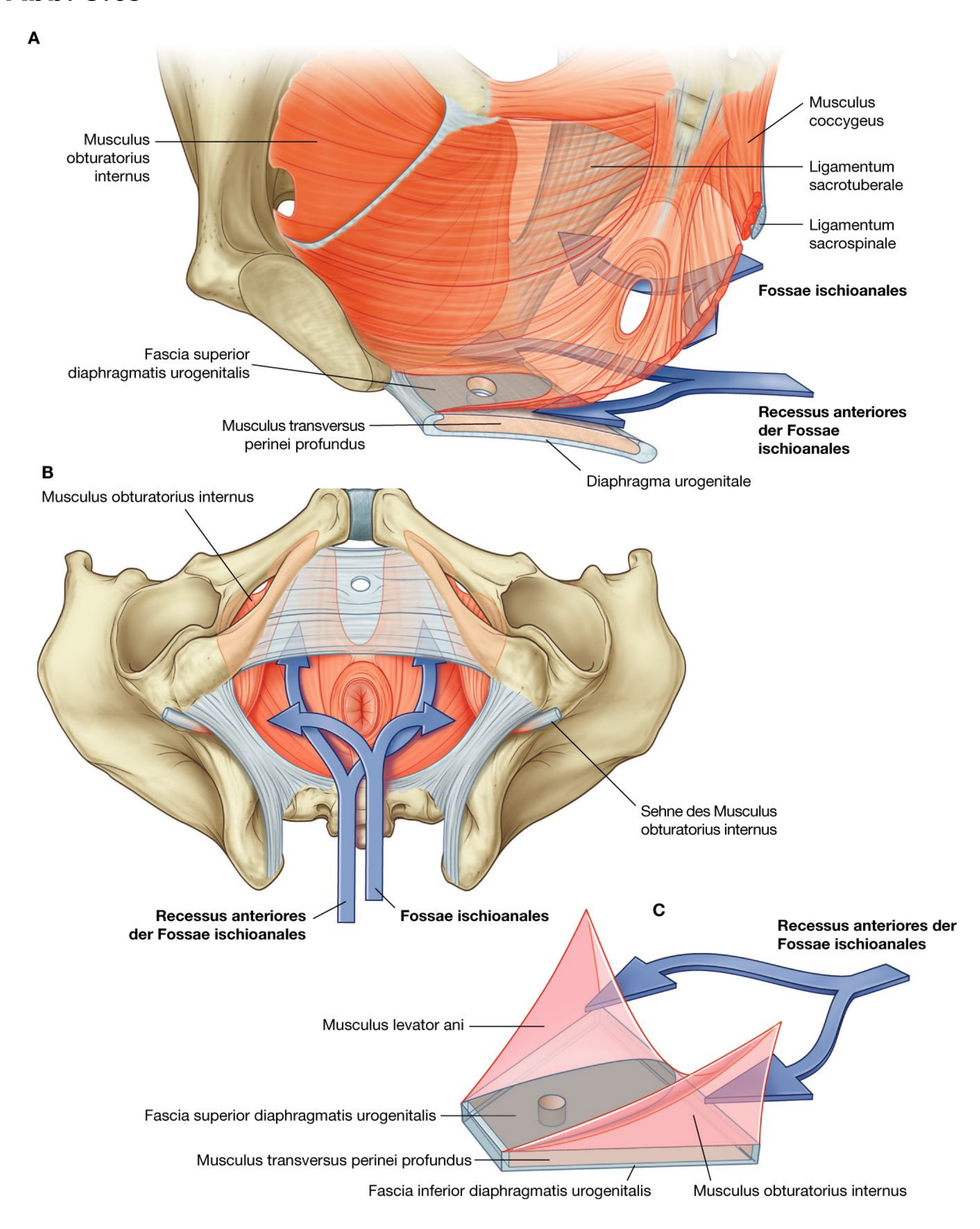
Abb. 5.68



Grenzen und Decke der Regio perinealis. **A**. Grenzen der Regio perinealis. **B**. Membrana perinei.

451

Abb. 5.69



Fossae ischioanales und ihre Recessus anteriores. **A**. Ansicht von ventrolateral, linke Beckenwand entfernt. **B**. Ansicht von unten. **C**. Ansicht von ventrolateral, Beckenwände und Diaphragma pelvis entfernt.

452

Regio analis

Die Regio analis der Regio perinealis zeigt nach hinten unten und wird lateral durch die medialen Ränder der Ligamenta sacrotuberalia, ventral durch eine horizontale Linie zwischen den beiden Tubera ischiadica und dorsal durch das Os coccygis begrenzt.

Das Dach der Regio analis ist das Diaphragma pelvis, das durch die Musculi levatores ani gebildet wird. Die Apertura analis befindet sich im Zentrum der Regio analis und steht auf beiden Seiten mit den Fossae ischioanales in Verbindung. Der Hauptmuskel in der Regio analis ist der Musculus sphincter ani externus.

Der **Musculus sphincter ani externus**, der den Canalis analis umgibt, besteht aus Skelettmuskulatur und wird in drei Teile – Pars profunda, Pars superficialis, Pars subcutanea – eingeteilt, die übereinander zirkulär um den Canalis analis von oben nach unten angeordnet sind (Tab. 5.5). Die Pars profunda ist ein dicker ringförmiger Muskel, der den oberen Teil des Canalis analis umkreist und sich mit Fasern des Musculus levator ani mischt. Auch die Pars superficialis umgibt den Canalis analis, ist aber ventral am Centrum perinei und dorsal am Os coccygis sowie am Ligamentum anococcygeum befestigt. Die Pars subcutanea ist eine horizontal abgeflachte Muskelschicht, welche die Apertura analis direkt unter der Haut umgibt. Der Musculus sphincter ani externus wird über Rami rectales inferiores des Nervus pudendus und direkt durch Äste des Ramus anterior aus S4 innerviert.

Tab. 5.5 Muskeln der Regio analis

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
MUSCULUS SPHINCTER ANI EXTERNUS				
Pars profunda	Umgibt den oberen Anteil des Canalis analis		Nervus pudendus (S2 und S3) und direkte Äste aus S4	Verschluss des Canalis analis
Pars superficialis	Umgibt den unteren Anteil des Canalis analis	Ist am Centrum perinei und am Ligamentum anococcygeum verankert		
Pars subcutanea	Umgibt die Apertura analis			

Klinik

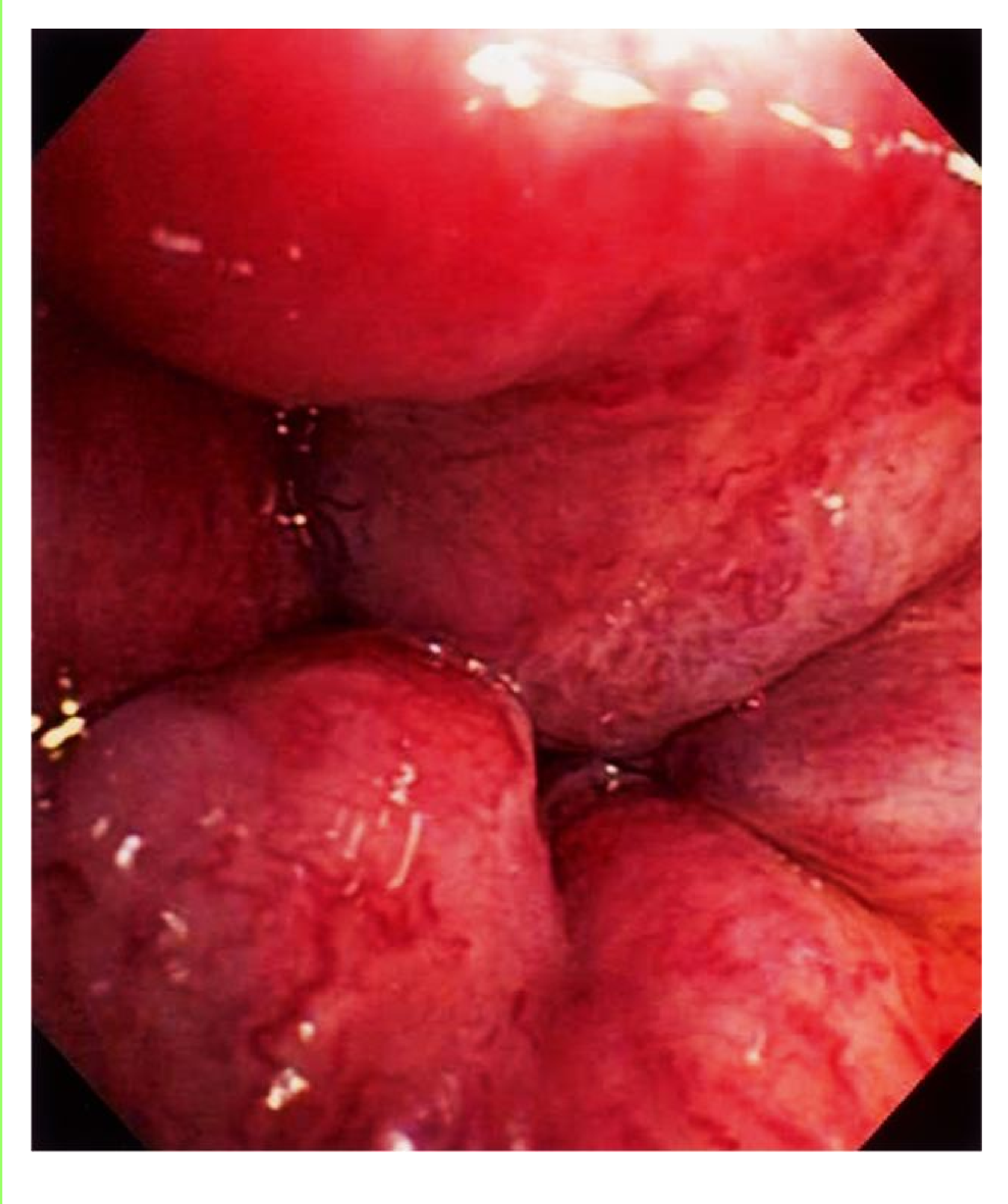
Hämorrhoiden

Hämorrhoiden sind krampfaderartige (variköse), knotenförmige Erweiterungen (Hyperplasien) des submukösen Corpus cavernosum ani (Abb. 5.70). Sie sind häufig Ursache für frische Blutauflagerungen auf dem Stuhl bei der Defäkation.

Die Behandlung von Hämorrhoiden richtet sich nach dem Schweregrad (Grad I – IV). Sie kann von einfacher Selbstmedikation bis zur operativen Entfernung der symptomatischen submukösen Venen reichen. Bei Blut im Stuhl muss auch immer an ein Kolon- oder

Rektumkarzinom gedacht werden. Manche dieser Tumoren können im Rahmen der digitalen rektalen Untersuchung palpiert werden, die immer zur körperlichen Untersuchung eines Patienten mit rektaler Blutung gehört. Hämorrhoiden können auch auf einen Pfortaderhochdruck hinweisen (portokavaler Umgehungskreislauf).

Abb. 5.70



Hämorrhoiden.

453
454

Diaphragma urogenitale

Das Diaphragma urogenitale wird überwiegend vom Musculus transversus perinei profundus gebildet. Ventral ist es über das Ligamentum transversum perinei an der Symphyse und den

Ossa pubis befestigt. Durch das Diaphragma urogenitale verlaufen bei Mann und Frau die Urethra und bei der Frau zusätzlich die Vagina. Daher befindet sich im Diaphragma auch die Schließmuskulatur für Urethra und Vagina in Form des Musculus sphincter urethrae externus, des Musculus compressor urethrae und des Musculus sphincter urethrovaginalis, die in den Musculus transversus perinei profundus integriert sind. Das Diaphragma ist kranial von der Fascia inferior diaphragmatis urogenitalis und kaudal von der Fascia inferior diaphragmatis urogenitalis inferior überzogen. Die Faszien werden gemeinsam als Colles-Faszie bezeichnet. Das Diaphragma urogenitale ist in der Horizontalebene ausgerichtet. Am Diaphragma sind die Wurzeln der äußeren Geschlechtsorgane befestigt (Abb. 5.71).

Das Diaphragma urogenitale wird begrenzt:

- lateral von den Rami ischiopubici
- dorsal von einer imaginären Linie zwischen den Tubera ischiadica
- ventral vom Unterrand der Symphysis pubica.

Oberhalb des Diaphragma urogenitale liegen beidseits die Recessus anteriores der Fossae ischioanales sowie beim Mann die Prostata und bei der Frau die Harnblase sowie Anteile der Vagina.

Unterhalb des Diaphragma urogenitale sitzen bei der Frau die Crura clitoridis, die Glans clitoridis, die Bulbi vestibuli und die Glandulae vestibulares majores (Bartholin-Drüsen), beim Mann die Crura penis mit den Wurzeln der Corpora cavernosa, die Wurzel des Corpus spongiosum und bei beiden Geschlechtern zugehörige Skelettmuskeln. Alle diese Strukturen liegen unterhalb des Diaphragma urogeniale im **Spatium superficiale perinei**, das von der **Fascia perinei (superficialis)** bedeckt wird.

Strukturen im Spatium superficiale perinei

Das Spatium superficiale perinei enthält:

- Schwellkörper, die sich beim Mann zum Penis und bei der Frau zur Klitoris zusammenfügen
- Skelettmuskulatur, die hauptsächlich mit Teilen der Schwellkörper, die am Diaphragma urogenitale und den angrenzenden Knochen befestigt sind, in Beziehung steht.

Jeder Schwellkörper besteht aus einem Kern aus spezialisierten Gefäßen und einer umgebenden Bindegewebskapsel.

Schwellkörper

Zwei verschiedene Formen von Schwellkörpern fügen sich beim Mann zum Penis und bei der Frau zur Klitoris zusammen.

Die zwei zylinderförmigen **Corpora cavernosa** sind mit ihren proximalen Enden am Arcus pubicus im Spatium superficiale perinei befestigt. Die befestigten Anteile werden oft als

Crura (Schenkel) penis bzw. clitoridis bezeichnet. Die distalen Enden der Corpora cavernosa, die nicht am Knochen befestigt sind, bilden bei der Frau das Corpus clitoridis und beim Mann den dorsalen Anteil des Corpus penis.

Das zweite Schwellkörperpaar umgibt die öffnungen des Urogenitaltrakts:

- Bei der Frau befindet sich dieser paarig angelegte Schwellkörper, der als **Bulbus vestibuli** bezeichnet wird und fest am Diaphragma urogenitale befestigt ist, jeweils neben dem Ostium vaginae (Abb. 5.71A). Kleine Bänder aus Schwellgewebe verbinden die vorderen Enden der Bulbi vestibuli zu einer einzelnen kleinen, erbsenförmigen erektilen Struktur, der **Glans clitoridis**, die sich ventral in der Mittellinie am Ende des Corpus clitoridis und vor dem Ostium urethrae externum befindet.
- Beim Mann entspricht eine einzelne große erektile Struktur, das **Corpus spongiosum penis**, den Bulbi vestibuli, der Glans clitoridis und den verbindenden Bändern aus Schwellgewebe (Abb. 5.71B). Die Basis des Corpus spongiosum penis ist am Diaphragma urogenitale befestigt. Sein proximales Ende, das nicht befestigt ist, bildet den ventralen Anteil des Corpus penis und erstreckt sich bis über dessen Ende hinaus in die Glans penis. Der unterschiedliche Aufbau resultiert aus dem Fehlen einer vaginalen öffnung und der Fusion von Strukturen in der Mittellinie im Rahmen der Embryogenese. Beim Verschelzen der ursprünglich paarigen Schwellkörper schließen sie die öffnung der Urethra in sich ein und bilden einen verlängerten Kanal, der letztlich den größten Teil der innerhalb des Penis gelegenen Urethra bildet. Durch die Fusion und das Wachstum beim Mann wird die Urethra in das Corpus spongiosum eingeschlossen und mündet auf der Glans penis (Bei der Frau ist die Urethra nicht in das Schwellgewebe der Klitoris eingeschlossen, sondern mündet direkt in das Vestibulum vaginae.)

Penis

Der Penis besteht hauptsächlich aus den beiden Corpora cavernosa penis und dem unpaaren Corpus spongiosum penis, das die Urethra enthält (Abb. 5.71B). Er hat einen befestigten (Radix penis) und einen unbefestigten (Corpus penis) Anteil:

- Die **Radix penis** besteht aus den beiden Crura penis, die am Arcus pubicus befestigte proximale Enden der Corpora cavernosa penis sind, sowie dem **Bulbus penis**, der das am Diaphragma urogenitale befestigte proximale Ende des Corpus spongiosum penis ist.
- Das **Corpus penis**, das vollständig von Haut bedeckt ist, wird durch die Verbindung der beiden proximalen, frei beweglichen Anteile der Corpora cavernosa penis und des verwandten frei beweglichen Anteils des Corpus spongiosum penis gebildet.

454
455

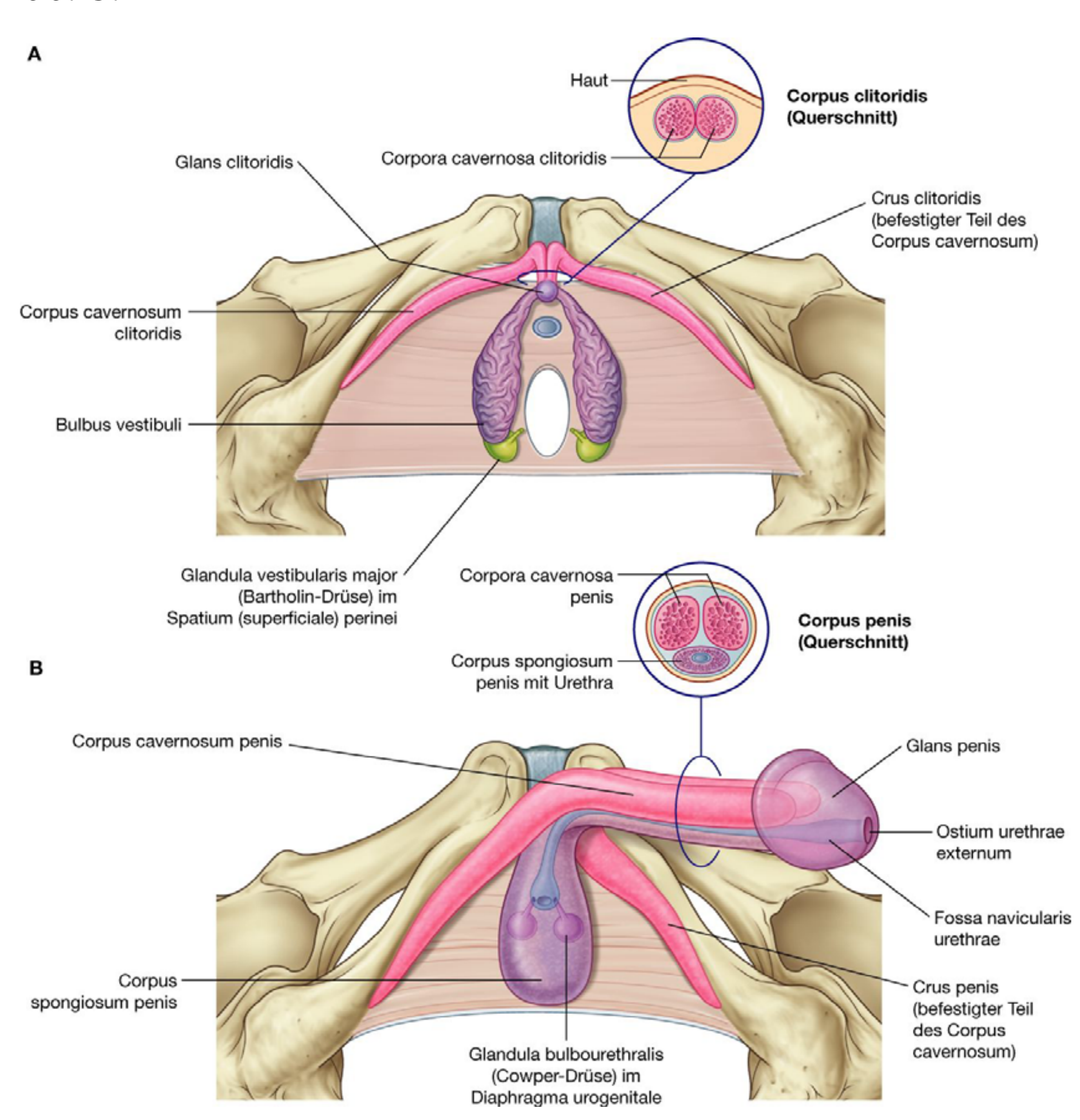
Die Basis des Corpus penis wird durch zwei Bänder zusätzlich fixiert: das **Ligamentum suspensorium penis** (oberhalb der Symphysis pubica befestigt) und das oberflächlichere

Ligamentum fundiforme penis (oberhalb der Linea alba an der vorderen Bauchwand befestigt, teilt sich unterhalb davon in zwei Anteile, die jeweils auf einer Seite des Penis verlaufen und sich kaudal wieder vereinigen).

In erigiertem Zustand zeigt der Penis normalerweise schräg kranialwärts. Da der erigierte Zustand als anatomische Ausgangsposition definiert ist, liegen die paarigen Corpora cavernosa penis dorsal und das unpaare Corpus spongiosum penis ventral, obwohl die Lage im nicht erigierten Zustand genau entgegengesetzt ist.

Das Corpus spongiosum penis setzt sich über die distalen Enden der Corpora cavernosa penis in die **Glans penis (Eichel)** fort (Abb. 5.71B).

Abb. 5.71



Schwellkörpergewebe von Klitoris und Penis. **A**. Klitoris. **B**. Penis.

455

Klitoris

Die Klitoris besteht aus zwei Corpora cavernosa clitoridis und der **Glans clitoridis** (Abb. 5.71A). Wie der Penis weist sie einen befestigten (Radix clitoridis) und einem unbefestigten Anteil (Corpus clitoridis) auf:

- Anders als die Radix penis besteht die **Radix clitoridis** nur aus den beiden Crura clitoridis (obwohl die Bulbi vestibuli durch dünne Bänder aus Schwellgewebe an der Glans clitoridis befestigt sind, werden sie nicht in den befestigten Teil der Klitoris mit eingeschlossen).
- Das **Corpus clitoridis**, das nur durch die unbefestigten Anteile der beiden Corpora cavernosa clitoridis gebildet wird, ist nach dorsal abgewinkelt und in das Bindegewebe der Regio perinei eingebettet.

Das Corpus clitoridis wird durch das Ligamentum suspensorium clitoridis, das oberhalb der Symphysis pubica befestigt ist, zusätzlich fixiert. Die Glans clitoridis ist am distalen Ende des Corpus clitoridis befestigt und mit den Bulbi vestibuli durch dünne Bänder aus Schwellgewebe verbunden. *Die Glans clitoridis liegt frei in der Regio perinealis, und das Corpus clitoridis ist durch die Haut tastbar.*

Erektion

Zur Erektion von Penis und Klitoris kommt es durch eine parasympathisch vermittelte Gefäßreaktion. Die parasympathische Innervation des Schwellkörpergewebes erfolgt durch Fasern der Nervi splanchnici pelvici aus Rami anteriores der Segmente S2 bis S4. Die Fasern gelangen über den prävertebralen Plexus hypogastricus inferior durch die Recessus anteriores und das Diaphragma urogenitale in das Spatium superficiale perinei. Die Stimulation der Nerven führt zur Dilatation der zuführenden Arterien. Dadurch strömt vermehrt Blut in die Kavernen und spannt die nur begrenzt dehnbare Tunica albuginea (Bindegewebsschicht), die die Schwellkörper umgibt. Dabei werden die durch die Tunica albuginea tretenden, abführenden Venen komprimiert. Zusätzlich kontrahiert glatte Muskulatur in den Bälkchen der Corpora cavernosa und setzt das Blut unter Druck. Beim Mann füllen sich außerdem die Venengeflechte von Corpus spongiosum und Glans penis. Die Urethra wird hierbei nicht eingeengt. Die Erschlaffung beginnt mit der Kontraktion der glatten Muskulatur in den zuführenden Arterien der Schwellkörpergewebe.

Die Arterien, die Penis und Klitoris versorgen, sind äste der Arteria pudenda interna; äste des Nervus pudendus (S2 – S4) tragen zur sensiblen Innervation von Penis und Klitoris bei.

Glandulae vestibulares majores

Die Glandulae vestibulares majores **(Bartholin-Drüsen)** der Frau sind kleine erbsenförmige Schleimdrüsen, die beidseits des Ostium vaginae hinter den Bulbi vestibuli liegen. Sie entsprechen den Glandulae bulbourethrales (Cowper-Drüsen) beim Mann (Abb. 5.71). Die

Glandulae vestibulares majores befinden sich allerdings im Spatium superficiale perinei, die Glandulae bulbourethrales liegen direkt im Diaphragma urogenitale.

Der Ausführungsgang jeder Glandula vestibularis major mündet entlang dem dorsalen Seitenrand der Vagina in das Vestibulum vaginae.

Ebenso wie die Glandulae bulbourethrales beim Mann produzieren die Glandulae vestibulares majores bei sexueller Erregung ein fadenziehendes Sekret.

Muskeln

Das Spatium superficiale perinei enthält drei paarige Muskeln: die Musculi ischiocavernosus, bulbospongiosus und transversus perinei superficialis (Abb. 5.72 und Tab. 5.6). Zwei der drei Muskelpaare sind mit den Radices penis und clitoridis und das dritte Paar mit dem Centrum perinei assoziiert.

Musculus ischiocavernosus

Die beiden Musculi ischiocavernosi bedecken die Crura penis und clitoridis (Abb. 5.72). Jeder Muskel ist am medialen Rand des Tuber ischiadicum und am entsprechenden Ramus ossis ischii verankert und zieht nach ventral. Hier schließt er sich den lateralen Seiten sowie der Unterseite des entsprechenden Crus an, aus dem er während der Erektion Blut in das Corpus penis bzw. clitoridis presst.

Musculus bulbospongiosus

Die beiden Musculi bulbospongiosi stehen bei der Frau hauptsächlich mit den Bulbi vestibuli und beim Mann mit dem befestigten Anteil des Corpus spongiosum in Verbindung (Abb. 5.72).

Bei der Frau ist jeder Musculus bulbospongiosus dorsal am Centrum perinei verankert und zieht über die Unterseite der entsprechenden Glandula vestibularis major und den Bulbus vestibuli nach lateral vorn, um sich an der Oberfläche des Bulbus vestibuli und der Membrana perinei anzuheften (Abb. 5.72A). Andere Muskelfasern ziehen nach lateral vorn, um sich mit den Fasern des Musculus ischiocavernosus zu vermischen, oder verlaufen ventralwärts und wölben sich über das Corpus clitoridis.

Beim Mann verbinden sich die Musculi bulbospongiosi an der Unterseite des Bulbus penis in der Mittellinie zu einer Raphe, die dorsal am Centrum perinei verankert ist. Auf beiden Seiten ziehen Muskelfasern von der Raphe und dem Centrum perinei nach lateral vorn, um beide Seiten des Bulbus penis zu bedecken und sich am Diaphragma urogenitale und am Bindegewebe des Bulbus penis anzuheften. Andere Muskelfasern verlaufen nach lateral vorn, um sich mit den Crura penis zu verbinden. Diese Fasern heften sich vorn an den Musculi ischiocavernosi an.

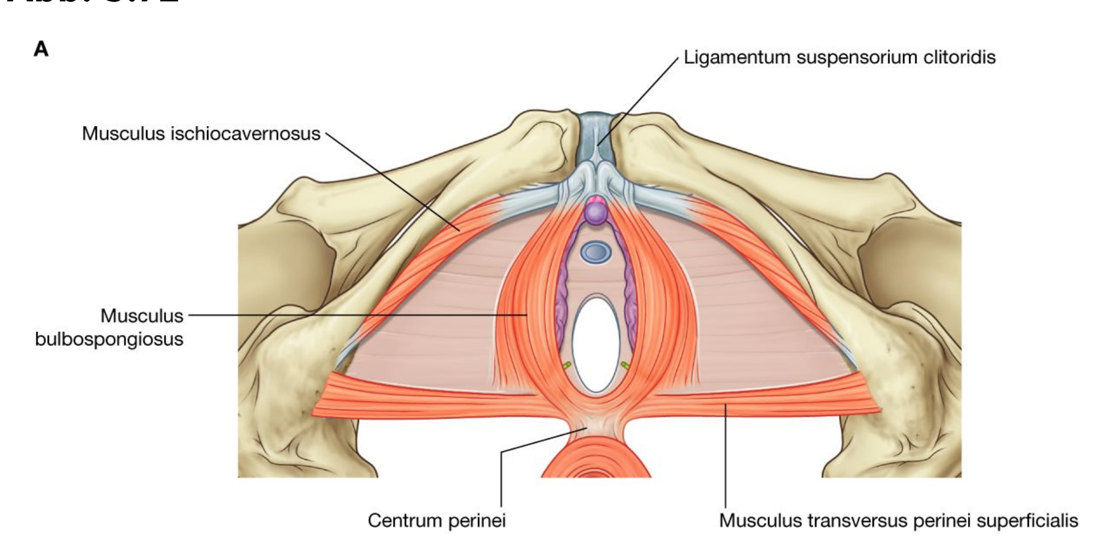
Bei Mann und Frau komprimieren die Musculi bulbospongiosi die darunterliegenden Anteile und wirken bei der Erektion von Penis bzw. Klitoris mit, indem sie Blut in

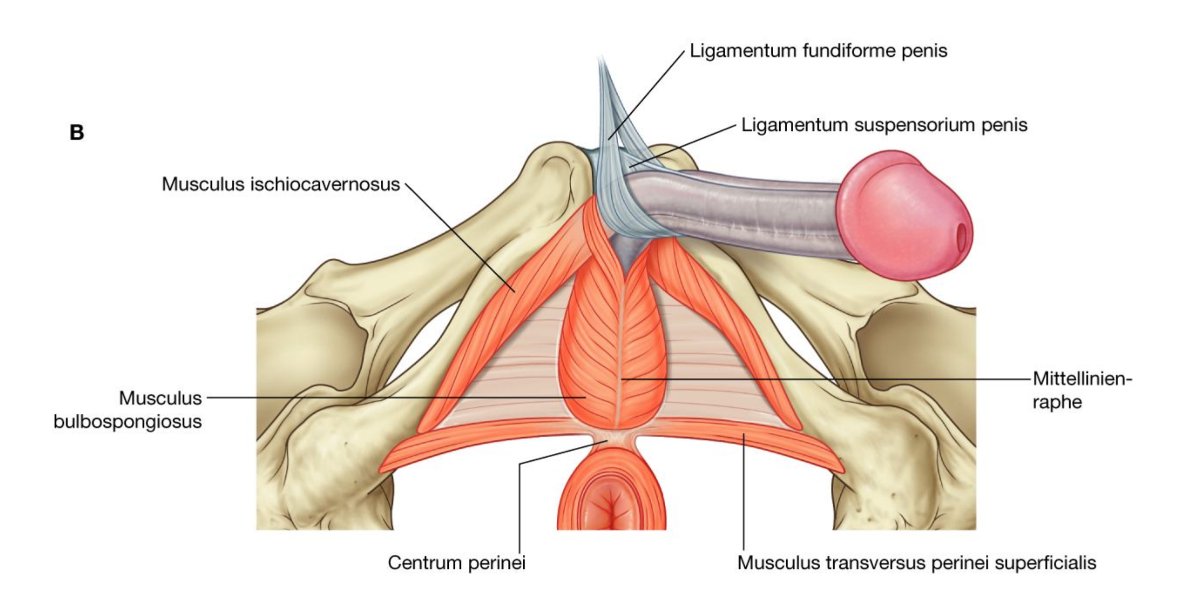
Richtung Glans penis bzw. clitordiis pressen. Beim Mann haben die Musculi bulbospongiosi zwei zusätzliche Funktionen:

- Sie ermöglichen die Entleerung der im Bulbus penis gelegenen Urethra nach der Miktion.
- Ihre reflektorischen Kontraktionen sind während der Ejakulation für die pulsatile Ausstoßung des Spermas aus dem Penis verantwortlich.

456
457

Abb. 5.72





Muskeln im Spatium superficiale perinei. **A**. Bei der Frau. **B**. Beim Mann.

Musculus transversus perinei superficialis

Der paarige Musculus transversus perinei superficialis verläuft parallel zum Hinterrand des Diaphragma urogenitale (Abb. 5.72). Der flache bandförmigen Muskel, der jeweils

am Tuber ischiadicum und am Ramus ossis ischii befestigt ist, zieht nach medial zur Mittellinie des Centrum perinei und stabilisiert es.

Äußere Geschlechtsorgane

Bei der Frau

Bei der Frau bilden Klitoris (Kitzler) und Vestibulum vaginae (Scheidenvorhof) gemeinsam mit den großen und kleinen Schamlippen sowie den Vorhofdrüsen (Glandulae vestibulares) die **Vulva** (Abb. 5.73). Auf beiden Seiten der Mittellinie befinden sich zwei dünne Hautfalten, die **kleinen Schamlippen (Labia minora pudendi)**. Der Bereich zwischen ihnen, in den sich Urethra und Vagina öffnen, wird als **Scheidenvorhof (Vestibulum vaginae)** bezeichnet. Ventral gabelt sich jede kleine Schamlippe in eine mediale und eine laterale Falte. Die medialen Falten vereinigen sich zum **Frenulum clitoridis**, das sich der Glans clitoridis anschließt. Die lateralen Falten vereinigen sich ventral über der Glans und dem Corpus clitoridis zum **Preputium clitoridis**.*Das Corpus clitoridis erstreckt sich ventral von der Glans clitoridis und ist tief unter dem Preputium clitoridis und der benachbarten Haut tastbar*. Hinter dem Scheidenvorhof vereinigen sich die Labia minora pudendi unter Bildung einer kleinen Querfalte, dem **Frenulum labiorum pudendi**.

457

458

Tab. 5.6 Muskeln des Spatium superficiale perinei

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus ischiocavernosus	Tuber ischiadicum und Ramus ossis ischii	Crus penis oder Crus clitoridis	Nervus pudendus (S2–S4)	Presst Blut aus den Crura penis und clitoridis in das Corpus des erigierten Penis oder der erigierten Klitoris
Musculus bulbospongiosus	Bei der Frau: Centrum perinei	Bei der Frau: Bulbus vestibuli, Membrana perinei, Corpus clitoridis und Corpus cavernosum clitoridis	Nervus pudendus (S2–S4)	Presst Blut aus den befestigten Anteilen von Penis und Klitoris in die Glans penis und Glans clitoridis
	Beim Mann: Centrum perinei, Mittellinienraphe	Beim Mann: Membrana perinei, Corpus cavernosum penis		Beim Mann: Entfernung von Restharn aus der Urethra nach der Miktion; pulsatile Ausstoßung des Spermas während der Ejakulation
Musculus transversus perinei superficialis	Tuber ischiadicum und Ramus ossis ischii	Centrum perinei	Nervus pudendus (S2–S4)	Stabilisierung des Centrum perinei

Innerhalb des Scheidenvorhofs ist das Ostium vaginae von einer ringförmigen und in ihrer Ausprägung variablen Membranfalte umgeben, dem **Jungfernhäutchen (Hymen)**. Das Hymen kann eine kleine zentrale Perforation haben oder das Ostium vaginae komplett verschließen. Nach Ruptur des Hymens (durch den ersten Geschlechtsverkehr oder Verletzungen) säumen unregelmäßige Reste des Hymens (Carunculae hymenales) das Ostium vaginae.

Die Ostien von Urethra und Vagina stehen mit öffnungen von Drüsen in Verbindung. Die beiden Ausführungsgänge der **Glandulae paraurethrales (Skene-Drüsen)** münden jeweils am lateralen Rand der Urethra in das Vestibulum vaginae. Die Ausführungsgänge der **Glandulae vestibulares majores (Bartholin-Drüsen)** öffnen sich in enger Nachbarschaft zum hinteren lateralen Rand des Ostium vaginae in der Falte zwischen Ostium vaginae und Carunculae hymenales.

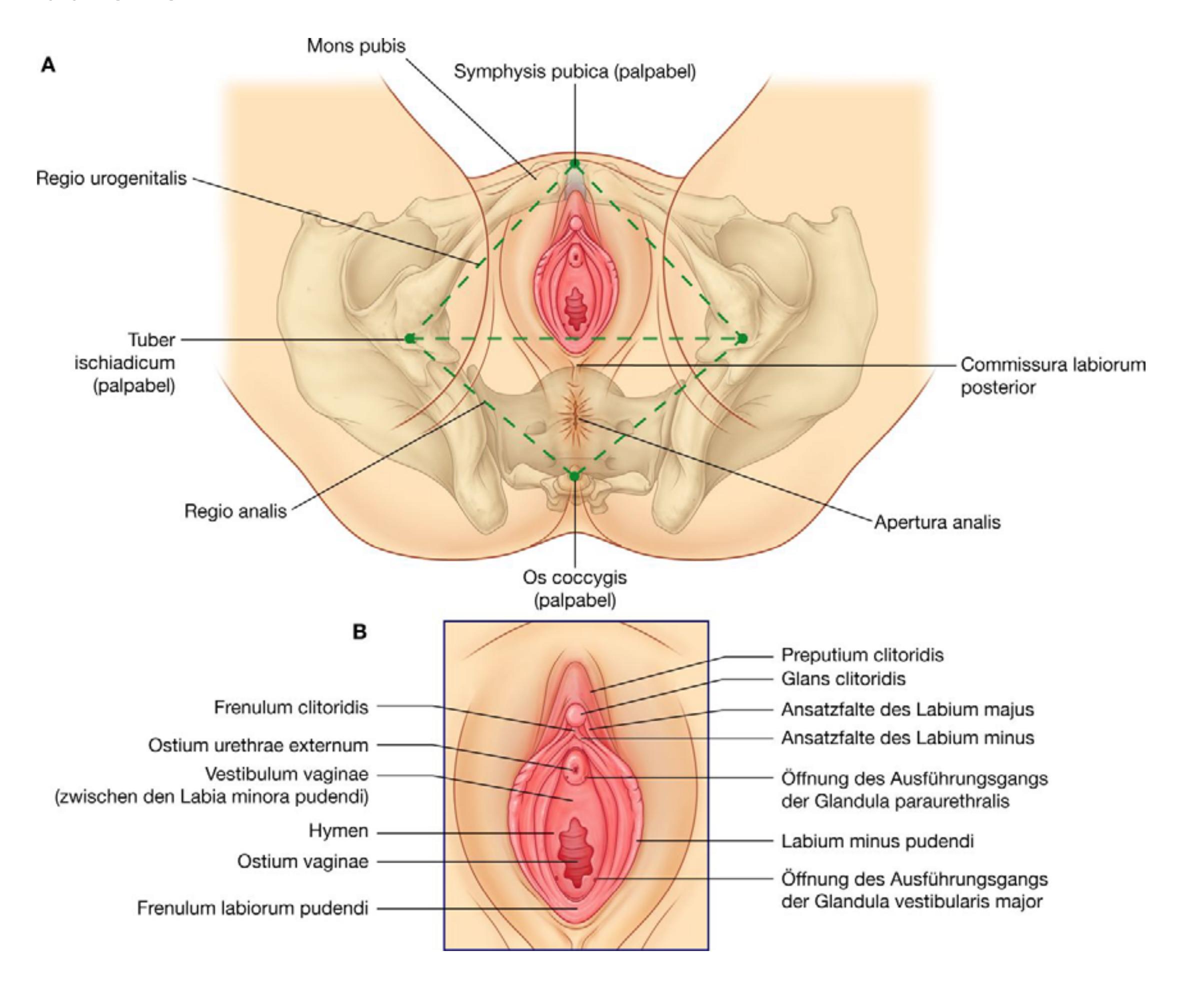
Lateral der Labia minora pudendi befinden sich die beiden **großen Schamlippen (Labia majora pudendi)**, die sich vorn zum **Schamberg (Mons pubis)** vereinen. Der Mons pubis überlagert den unteren Teil der Symphysis pubica und befindet sich vor dem Vestibulum vaginae und der Klitoris. Dorsal vereinigen sich die großen Schamlippen nicht, sondern sind durch eine Vertiefung, die **Commissura labiorum posterior**, die das Centrum perinei überlagert, getrennt.

Beim Mann

Oberflächliche Bestandteile der äußeren männlichen Geschlechtsorgane sind der Hodensack und der Penis (Abb. 5.74). Der **Hodensack (Skrotum)** ist das männliche äquivalent der großen Schamlippen der Frau. Die Labioskrotalwülste verschmelzen in der Mittellinie zu einem einzelnen Skrotum, in das die Hoden und ihre Hüllen aus Muskulatur, Faszien, Blut- und Lymphgefäße, Nerven und Ausführungsgänge aus dem Abdomen deszendieren. Ein Rest der Verschmelzungslinie zwischen den Labioskrotalwülsten des Embryos ist in der Skrotalhaut als **Raphe** in der Mittellinie zu sehen, die sich vom Anus über das Skrotum zum unteren Teil des Corpus penis erstreckt. Die Skrotalhaut unterscheidet sich deutlich von der Haut der Bauchwand. Sie ist relativ stark pigmentiert (Schutz der Hoden vor UV-Strahlung), wesentlich dünner, gut verschieblich und frei von subkutanem Fettgewebe. Außerdem liegt in der Dermis des Skrotums ein Geflecht aus Myofibroblasten (Tunica dartos), deren Kontraktion zur Runzelung der Haut führt und funktionell im Dienst der Temperaturregulation für eine optimale Spermatogenese im Hoden steht.

458

Abb. 5.73



Oberflächliche Bestandteile der Regio perinealis bei der Frau. **A**. übersicht. **B**. Nahdarstellung der äußeren weiblichen Geschlechtsorgane.

Der **Penis** besteht aus der Radix und dem Corpus penis. *Die befestigte Radix penis ist dorsal vom Skrotum in der Regio perinealis palpabel*. Der bewegliche Teil des Penis (Corpus penis) ist vollständig von Haut bedeckt; der Spitze des Corpus penis sitzt die Glans penis kappenartig auf.

Das Ostium urethrae externum ist ein sagittaler Schlitz, der sich normalerweise an der Spitze der Glans penis befindet. Der Unterrand des Ostium urethrae externum geht in die in der Mittellinie gelegene **Raphe penis** über, die als in der Glans penis gebildete Verschmelzungslinie aus der Embryonalentwicklung resultiert. Die Basis der Raphe geht in das Vorhautbändchen **(Frenulum preputii)** über, eine mittig gelegene Hautfalte, die die Eichel an der proximal von ihr gelegenen, sehr locker befestigten Vorhaut (Preputium penis) anheftet. Die Basis der Eichel ist zu einem vorspringenden, kreisförmigen Rand vergrößert **(Corona glandis);** die beiden lateralen Enden der Corona glandis vereinigen sich kaudal in der Mittellinie zur Raphe glandis. Die Vertiefung hinter der Corona glandis ist das Collum glandis. In der Regel geht eine Hautfalte am Collum glandis nach vorn in die dünne, fest an der Eichel haftende Vorhaut und nach hinten in dickere, locker am Corpus penis befestigte Haut über. Die Falte wird als Vorhaut (Preputium penis) bezeichnet und erstreckt sich nach

vorn, um die Eichel zu bedecken. *Im Rahmen der männlichen Beschneidung, die in verschiedenen Kulturkreisen weit verbreitet ist, wird die Vorhaut entfernt, sodass die Eichel freiliegt.*

Fascia perinei (superficialis) der Regio urogenitalis

Die Fascia perinei (superficialis) der Regio urogenitalis geht an der vorderen Bauchwand in die Fascia abdominalis superficialis über.

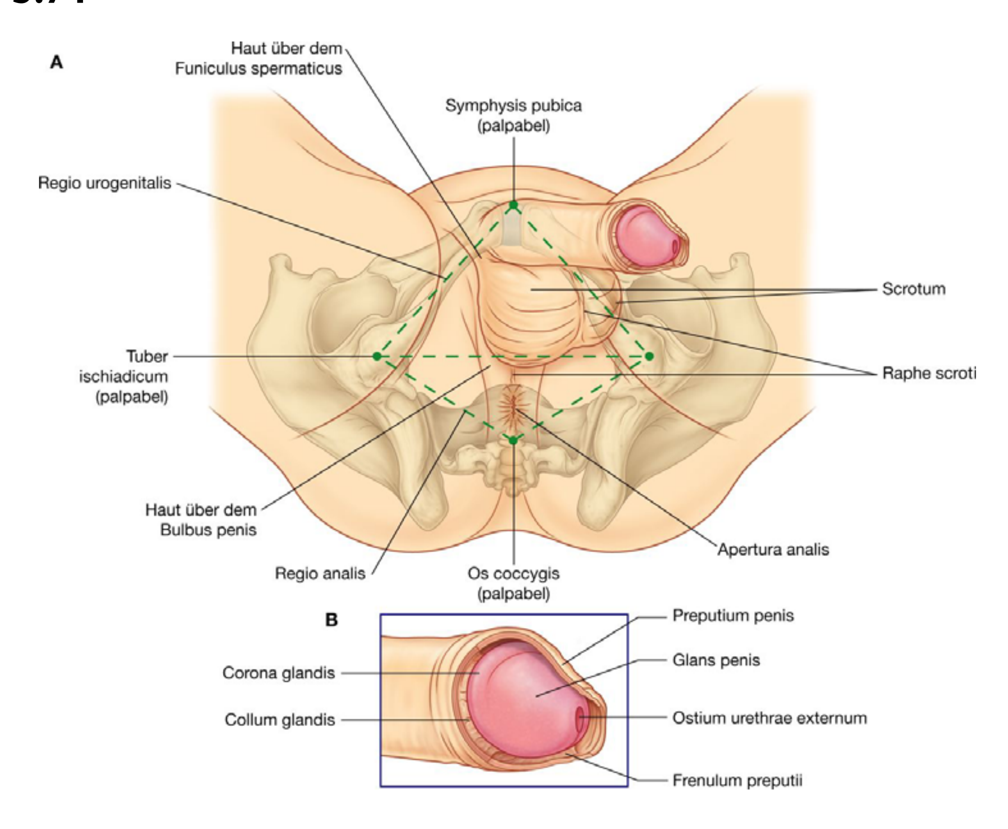
459
460

Die Fascia perinei (superficialis) überlagert an den Seitenwänden im Spatium perinei die Musculi ischiocavernosi und setzt sich von hier sowie am Hinterrand des Corpus spongiosum penis in den unteren und hinteren Anteil der **Colles-Faszie** (Fascia inferior diaphragmatis urgenitalis) auf das Diaphragma urogenitale fort. Die Colles-Faszie schließt das Diaphragma urogenitale ein. Die Fascia perinei dehnt sich nicht bis in die Regio analis und auch nicht in den Oberschenkel aus (Abb. 5.75).

Sie bildet die äußeren Begrenzungen des Spatium superficiale perinei. Zum Skrotum geht sie in die Fascia spermatica externa über und erstreckt sich um Corpus penis bzw. clitoridis.

Ventral setzt sie sich über die Symphysis pubica und die Ossa pubis in die Fascia abdominalis superficialis an der vorderen Bauchwand fort. Im Bereich der unteren lateralen Bauchwand steht die Faszie direkt unterhalb des Ligamentum inguinale mit der Fascia profunda des Oberschenkels in Verbindung.

Abb. 5.74



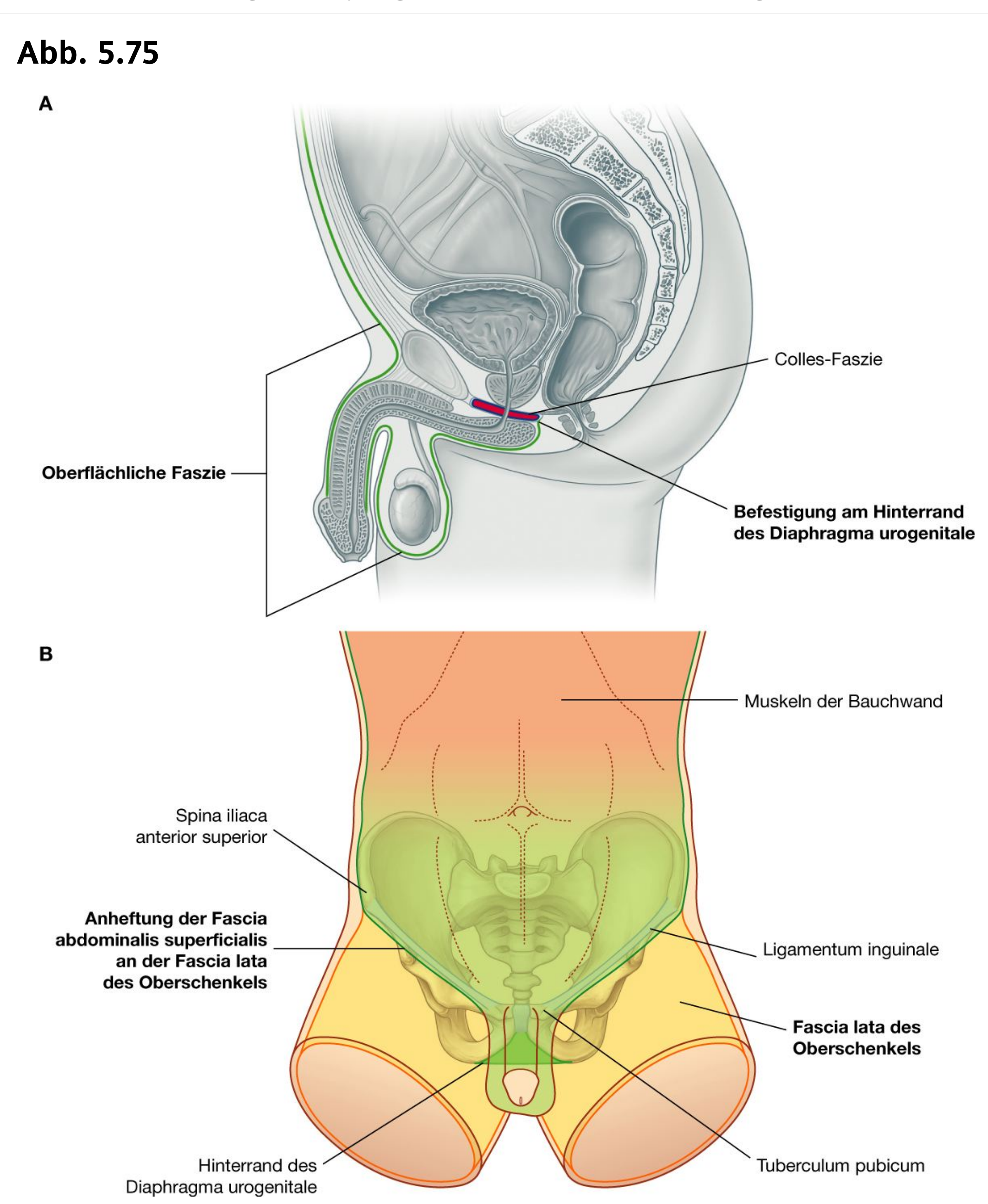
Oberflächliche Strukturen der Regio perinealis beim Mann. **A**. übersicht. **B**. Nahdarstellung der Glans penis.

Da die Fascia perinei (superficialis) das Spatium superficiale perinei bedeckt und sich bis zur vorderen Bauchwand fortsetzt, können sich Flüssigkeitsansammlungen oder Infektionen des Spatium superficiale perinei aus der Regio perinealis bis zur vorderen Bauchwand ausbreiten. Eine Ausbreitung in die Regio analis oder in den Oberschenkel erfolgt nicht, da die Faszie an der Grenze zu diesen Regionen befestigt ist und keine direkte Verbindung besteht.

460

461

Abb. 5.75



Fascia perinei (superficialis). **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von ventral.

Klinik

Urethraruptur Zur Ruptur der Urethra kann es an verschiedenen genau definierten anatomischen Stellen kommen.

Die häufigste Verletzung ist eine Ruptur der proximalen Pars spongiosa urethrae unterhalb des Diaphragma urogenitale. Die Urethra zerreißt oft, wenn Strukturen der Regio perinealis zwischen einem harten Gegenstand (z.B. einem Stahlbalken oder der Querstange eines Fahrrads) und dem Ramus inferior ossis pubis eingeklemmt werden. Durch die Ruptur gelangt Urin in das Spatium superficiale perinei und fließt unterhalb der oberflächlichen Faszie in das Skrotum und zur vorderen Bauchwand.

461
462

Im Zusammenhang mit schweren Beckenverletzungen kann es zur Ruptur der Urethra am übergang zwischen Pars prostatica und Pars membranacea oberhalb des Diaphragma urogenitale kommen. Hierdurch gelangt Urin in das kleine Becken.

Die schwerwiegendste Ruptur der Urethra entsteht ebenfalls durch schwere Beckenverletzungen, in deren Rahmen es zur vollständigen Ruptur der Ligamenta puboprostatica kommt. Die Bänderruptur und die Ausbildung eines ausgedehnten Hämatoms im kleinen Becken führen zur Dislokation der Prostata. Die Diagnose kann durch Palpation einer abnormal hoch stehenden Prostata im Rahmen der digitalen rektalen Untersuchung gestellt werden.

Somatische Nerven

Nervus pudendus

Der wichtigste somatische Nerv der Regio perinealis ist der Nervus pudendus, der dem Plexus sacralis entspringt und Fasern der Segmente S2 bis S4 enthält. Er verlässt die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis, zieht um das Ligamentum sacrospinale und verläuft dann medial durch das Foramen ischiadicum minus zur Regio analis der Regio perinealis. Er betritt die Regio perinealis an der lateralen Wand der Fossa ischioanalis in einer Duplikatur der Fascia obturatoria, die den Musculus obturatorius internus bedeckt. Diese Fasziendup-likatur wird als **Canalis pudendalis** oder **Alcock-Kanal** bezeichnet.

Der Nervus pudendus (Abb. 5.76) hat drei große Endäste – den Nervus analis inferior, den Nervus perinealis und den Nervus dorsalis penis bzw. clitoridis –, die von den ästen der Arteria pudenda interna begleitet werden (Abb. 5.77):

- Der **Nervus rectalis inferior** besteht oft aus mehreren kleinen ästen (Nervi rectales inferiores), verläuft durch die Faszie des Canalis pudendalis nach außen in die Fossa ischioanalis und zieht zur Innervation des Musculus sphincter ani externus sowie benachbarter Bereiche des Musculus levator ani medial durch die Fossa ischioanalis. Der Nerv versorgt auch die Haut der Regio analis sensibel.

- Der **Nervus perinealis** besteht ebenfalls meist aus mehreren kleinen ästen (Nervi perineales), zieht in die Regio urogenitalis und gibt motorische äste und Hautäste ab. Die motorischen äste innervieren die Skelettmuskulatur im Recessus anterior der Fossa ischioanalis und im Spatium superficiale perinei. Die größten der sensiblen äste sind die Nervi scrotales posteriores beim Mann und die Nervi labiales posteriores bei der Frau.

- Der **Nervus dorsalis penis** bzw. **clitoridis** tritt in den Recessus anterior der Fossa ischioanalis ein (Abb. 5.76). Er verläuft entlang dem lateralen Rand des Recessus anterior der Fossa ischioanalis und verlässt sie dann, indem er kaudal durch das Diaphragma urogenitale direkt unterhalb der Symphysis pubica zum Corpus penis bzw. clitoridis tritt. Er verläuft entlang der Hinterfläche des Corpus zur Glans penis bzw. clitoridis. Der Nervus dorsalis innerviert Penis (besonders die Glans) und Klitoris sensibel.

Weitere somatische Nerven

Weitere somatische Nerven, die zur Regio perinealis ziehen, sind überwiegend sensibel, wie äste der Nervi ilioinguinales, der Nervi genitofemorales, der Nervi cutanei femoris posteriores und der Nervi anococcygei.

Viszerale Nerven

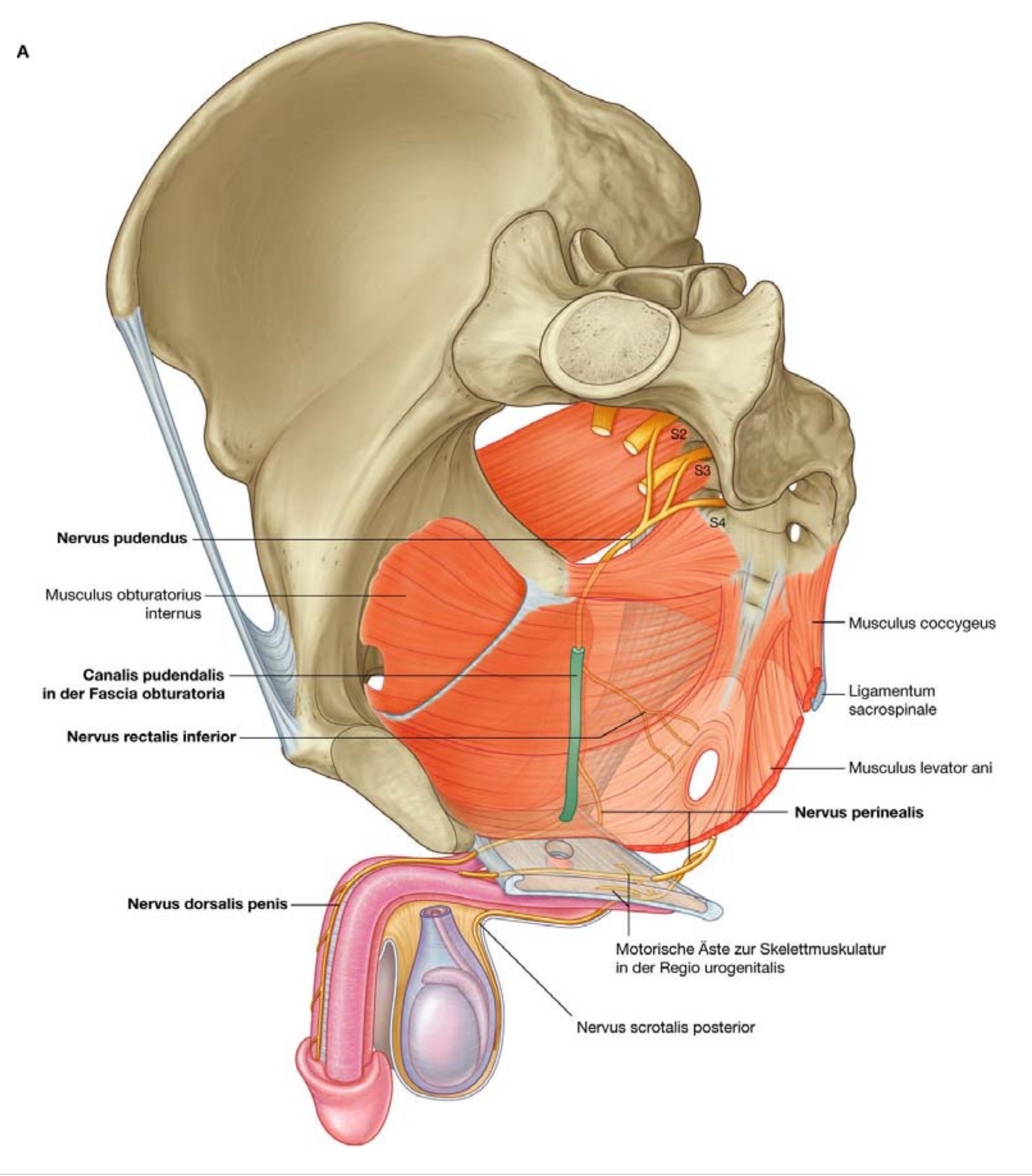
Viszerale Nerven gelangen auf zwei Wegen in die Regio perinealis:

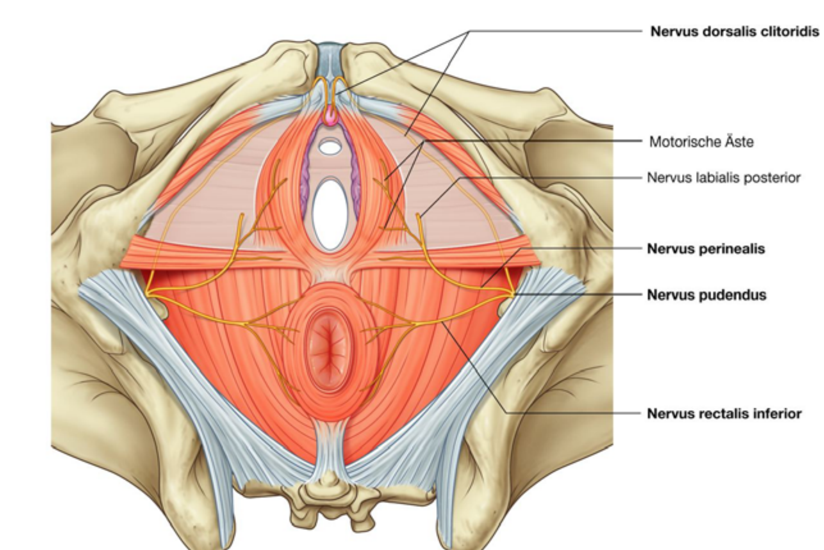
- Nerven zur Haut, die überwiegend postganglionäre sympathische Fasern führen, gelangen mit dem Nervus pudendus zur Regio perinealis (Abb. 5.61). Die Fasern schließen sich dem Nervus pudendus über Rami communicantes grisei an, die den Beckenanteil des Grenzstrangs mit den Rami anteriores der sakralen Spinalnerven verbinden.

- Nerven zu den Schwellkörpergeweben gelangen hauptsächlich vom Plexus hypogastricus inferior in der Beckenhöhle durch die Fossa ischioanalis zur Regio perinealis (Abb. 5.62). Die Fasern, die die Erektion stimulieren, sind parasympathische Fasern, die aus den Rückenmarkssegmenten S2 bis S4 stammen und über Nervi splanchnici pelvici zum Plexus hypogastricus inferior gelangen.

462

Abb. 5.76





Nervus pudendus. **A**. Beim Mann. **B**. Bei der Frau.

Blutgefäße

Arterien

Die wichtigste Arterie der Regio perinealis ist die Arteria pudenda interna (Abb. 5.77). Andere Arterien in diesem Bereich sind die Arteriae pudenda externa, testicularis und cremasterica.

Arteria pudenda interna

Die Arteria pudenda interna entspringt als Ast des Truncus anterior der Arteria iliaca interna im Becken (Abb. 5.77). Sie verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis gemeinsam mit dem Nervus pudendus, zieht um die Spina iliaca (liegt hier lateral vom Nervus pudendus), verläuft dann durch das Foramen ischiadicum minus zur Regio perinealis und begleitet den Nervus pudendus im Canalis pudendalis (Alcock-Kanal) in der lateralen Wand der Fossa ischioanalis.

Die äste der Arteria pudenda interna ähneln jenen des Nervus pudendus in der Regio perinealis mit Arteria rectalis inferior, Arteria perinealis sowie ästen zum Schwellkörpergewebe von Penis und Klitoris (Abb. 5.77).

Arteria rectalis inferior

Aus der Arteria pudenda interna entspringen in der Regio analis eine oder mehrere Arteriae rectales inferiores und passieren die Fossa ischioanalis. Hier verzweigen sie sich zur Versorgung der Muskulatur und der benachbarten Haut. Die Arterien anastomosieren mit Arteriae rectales mediae und superiores der Arteria iliaca interna und der Arteria mesenterica inferior, um ein Gefäßnetzwerk zur Versorgung von Rektum und Canalis analis zu bilden.

Arteria perinealis

Die Arteria perinealis entspringt nahe dem vorderen Ende des Canalis pudendalis und gibt den Ramus transversus perinei sowie die Arteria posterior scrotalis bzw. labialis an das umgebende Gewebe und die Haut ab.

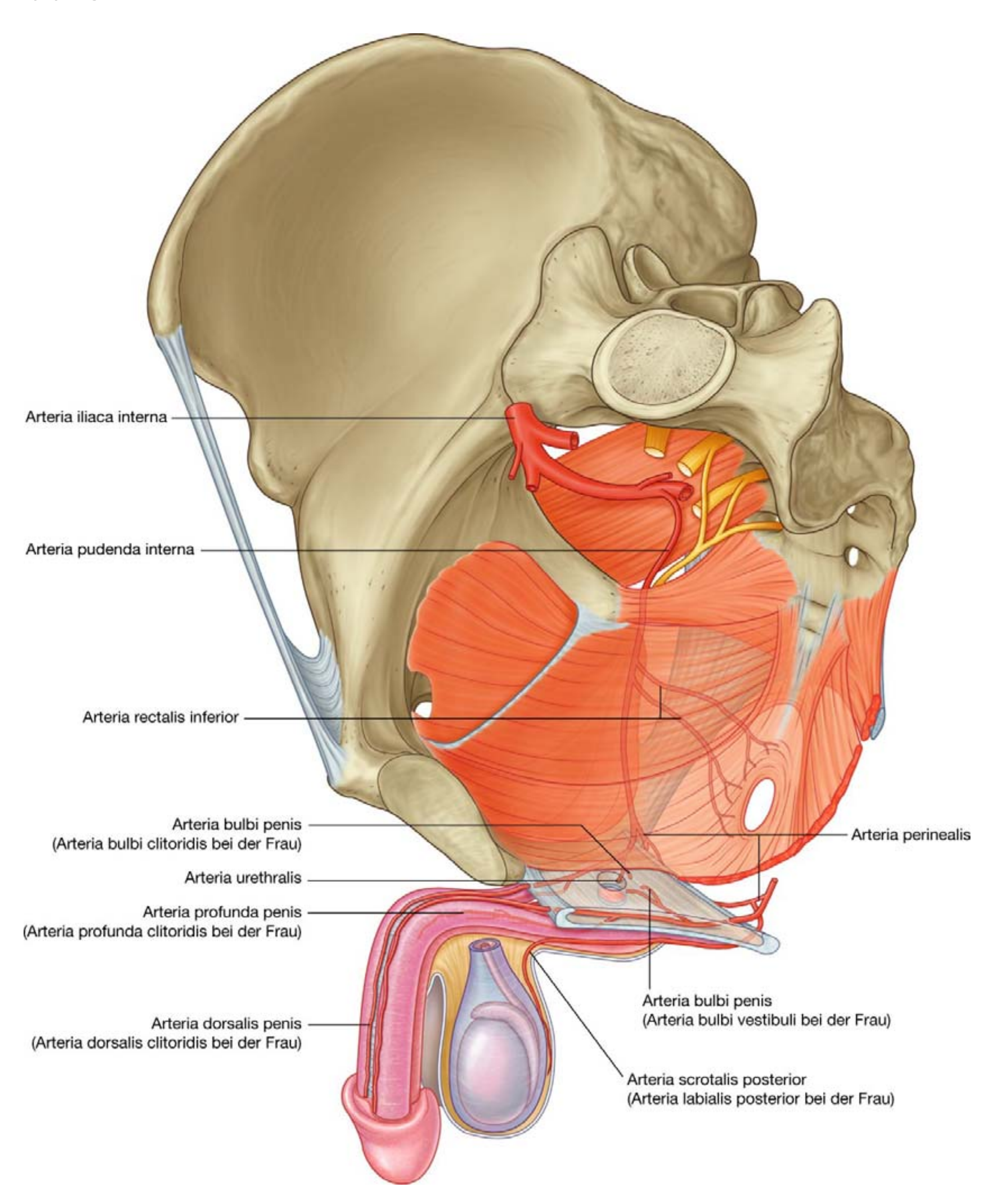
Endabschnitt der Arteria pudenda interna

Der Endabschnitt der Arteria pudenda interna begleitet den Nervus dorsalis penis bzw. clitoridis in den Recessus anterior der Fossa ischioanalis und gibt äste an das Gewebe im Reces-sus anterior sowie an die Schwellkörpergewebe ab.

Zu den ästen, die beim Mann die Schwellkörper versorgen, gehören die Arteriae bulbi penis, urethralis, profunda penis und dorsalis penis (Abb. 5.77):

464

Abb. 5.77



Arterien in der Regio perinealis.

- Die **Arteria bulbi penis** hat einen Ast, der die Glandula bulbourethralis (Cowper-Drüse) versorgt und dann das Diaphragma urogenitale durchdringt, um das Corpus spongiosum penis zu versorgen.
- Auch die **Arteria urethralis** durchdringt das Diaphragma urogenitale und versorgt die im Penis gelegene Urethra sowie das umgebende Schwellkörpergewebe bis zur Glans penis.

- Nahe dem Vorderrand des Recessus anterior der Fossa ischioanalis teilt sich die Arteria pudenda interna in zwei Endäste auf. Die **Arteria profunda penis** zieht durch das Diaphragma urogenitale zum Crus penis und versorgt Crus penis und Corpus cavernosum penis. Die **Arteria dorsalis penis** durchdringt den Vorderrand des Diaphragma urogenitale und zieht zur Hinterfläche des Corpus penis. Das Gefäß verläuft medial des Nervus dorsalis penis entlang der Hinterfläche des Penis und versorgt die Glans penis sowie das oberflächliche Gewebe des Penis und anastomosiert auch mit ästen der Arteria profunda penis und der Arteria urethralis.

Die äste, die bei der Frau die Schwellkörpergewebe versorgen, ähneln denen beim Mann:

- **Arteriae bulbi vestibuli** versorgen den Bulbus vestibuli und die benachbarten Abschnitte der Vagina.
- **Arteriae profundae clitoridis** versorgen die Crura clitoridis und das Corpus cavernosum clitoridis.
- **Arteriae dorsales clitoridis** versorgen die Glans clitoridis und die benachbarten Gewebe.

Arteriae pudendae externae

Die **Arteriae pudendae externae** bestehen aus der Arteria pudenda externa profunda und der Arteria pudenda externa superficialis. Beide Gefäße sind äste der Arteria femoralis, die im Oberschenkel entspringen. Sie ziehen nach medial, um ventral in die Regio perinealis einzutreten. Sie versorgen die benachbarte Haut des Penis und des Skrotums bzw. die Haut im Bereich der Klitoris und der großen Schamlippen.

Arteria testicularis und Arteria cremasterica

Beim Mann entspringen die **Arteriae testiculares** der Aorta abdominalis und deszendieren zur Versorgung des Hodens durch den Canalis inguinalis (Leistenkanal) in das Skrotum. Auch die **Arteriae cremastericae**, die aus der Arteria epigastrica inferior der Arteria iliaca externa entspringen, begleiten den Funiculus spermaticus in das Skrotum.

Bei der Frau ziehen kleine Arterien gemeinsam mit dem Ligamentum teres uteri durch den Canalis inguinalis.

Venen

Venen in der Regio perinealis begleiten im Allgemeinen die Arterien und schließen sich den **Venae pudendae internae** an, die im Becken in die **Vena iliaca interna** münden (Abb. 5.78). Eine Ausnahme bildet die **Vena dorsalis profunda penis** bzw. **clitoridis**, die überwiegend für den venösen Abfluss der Glans und der Corpora cavernosa penis bzw. clitoridis zuständig ist. Die Vena dorsalis profunda penis bzw. clitoridis verläuft entlang der Mittellinie des Corpus penis bzw. clitoridis zwischen den Arteriae dorsales penis bzw. clitoridis, zieht anschließend durch den Spalt zwischen Ligamentum pubicum inferius und Recessus anteriores der Fossa

ischioanalis und gewinnt Anschluss an den Plexus venosus prostaticus beim Mann und den Plexus venosus vesicalis bei der Frau.

Die Venae pudendae externae, die das Blut aus den vorderen Abschnitten des Skrotums bzw. der großen Schamlippen ableiten und deren Versorgungsbereich sich mit den Venae pudendae internae überschneidet, schließen sich im Oberschenkel der Vena femoralis an.

Die Venae dorsales superficiales penis bzw. clitoridis, die das Blut aus der Haut ableiten, fließen in die Venae pudendae externae ab.

Lymphgefäße

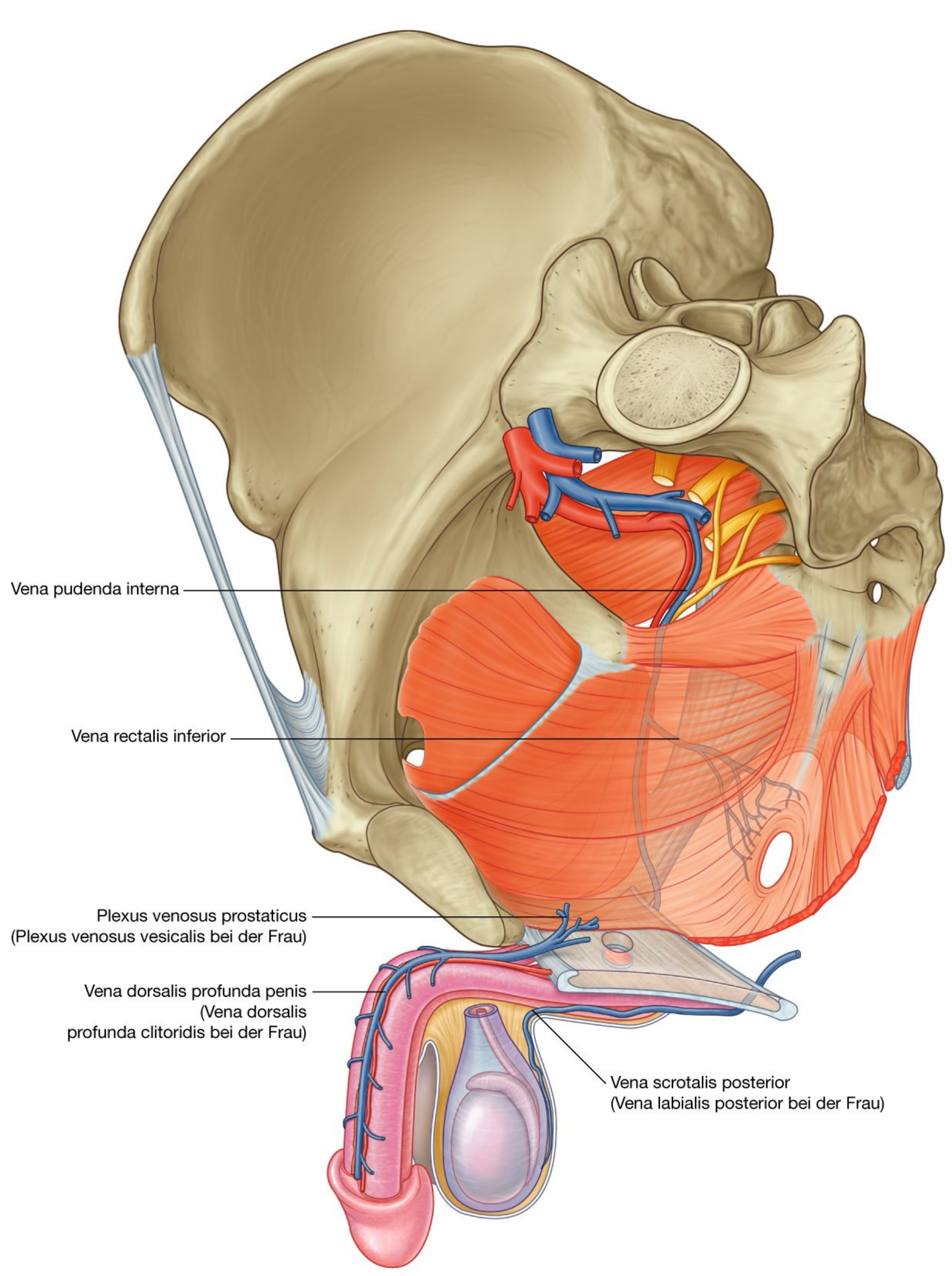
Lymphgefäße aus tiefen Bereichen der Regio perinealis begleiten die Vasa pudenda interna und fließen hauptsächlich in die **Nodi lymphoidei iliaci interni** im Becken ab.

Oberflächliche Lymphgefäße des Penis bzw. der Klitoris begleiten die Vasa pudenda externa und fließen wie die Lymphgefäße des Skrotums bzw. der Labia majora pudendi in **Nodi lymphoidei inguinales superficiales** ab (Abb. 5.79). Der Lymphabfluss von der Glans penis bzw. clitoridis, den kleinen Schamlippen und dem unteren Abschnitt der Vagina erfolgt über **Nodi lymphoidei inguinales profundi** sowie **Nodi lymphoidei iliaci externi**.

Die Lymphe des Hodens wird über Lymphgefäße drainiert, die im Funiculus spermaticus aufsteigen, durch den Canalis inguinalis ziehen und entlang der hinteren Bauchwand nach kranial verlaufen, um sich etwa auf Höhe des 1. und 2. Lendenwirbels direkt mit den **Nodi lymphoidei aortici laterales** und **Nodi lymphoidei preaortici** zu verbinden.

466

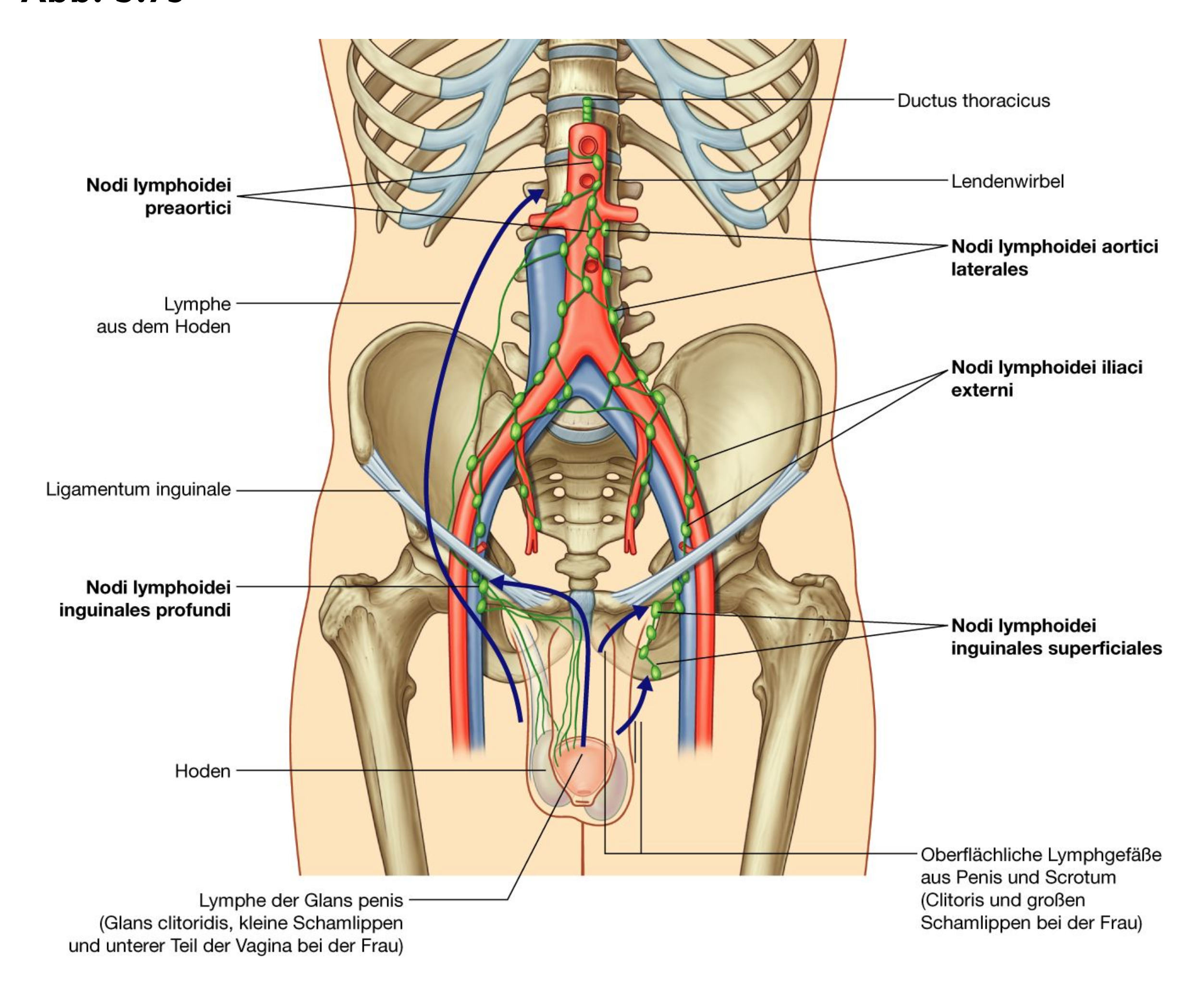
Abb. 5.78



Venen in der Regio perinealis.

468

Abb. 5.79



Lymphabfluss der Regio perinealis.

468

469

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie von Pelvis und Regio perinealis

Tastbare Knochenstrukturen des Beckens werden als Orientierungspunkte genutzt zur

- Lokalisation von Weichteilen
- Erkennung der Beckenausrichtung
- Definition der Beckenränder.

Die Fähigkeit, die normale Lage der Strukturen in der Regio perinealis zu erkennen, ist essenzieller Bestandteil einer klinischen Untersuchung.

Bei der Frau kann die Zervix direkt betrachtet werden, indem der Canalis vaginalis durch ein Spekulum geöffnet wird.

Beim Mann können Größe und Struktur der Prostata in der Beckenhöhle durch eine digitale rektale Untersuchung beurteilt werden.

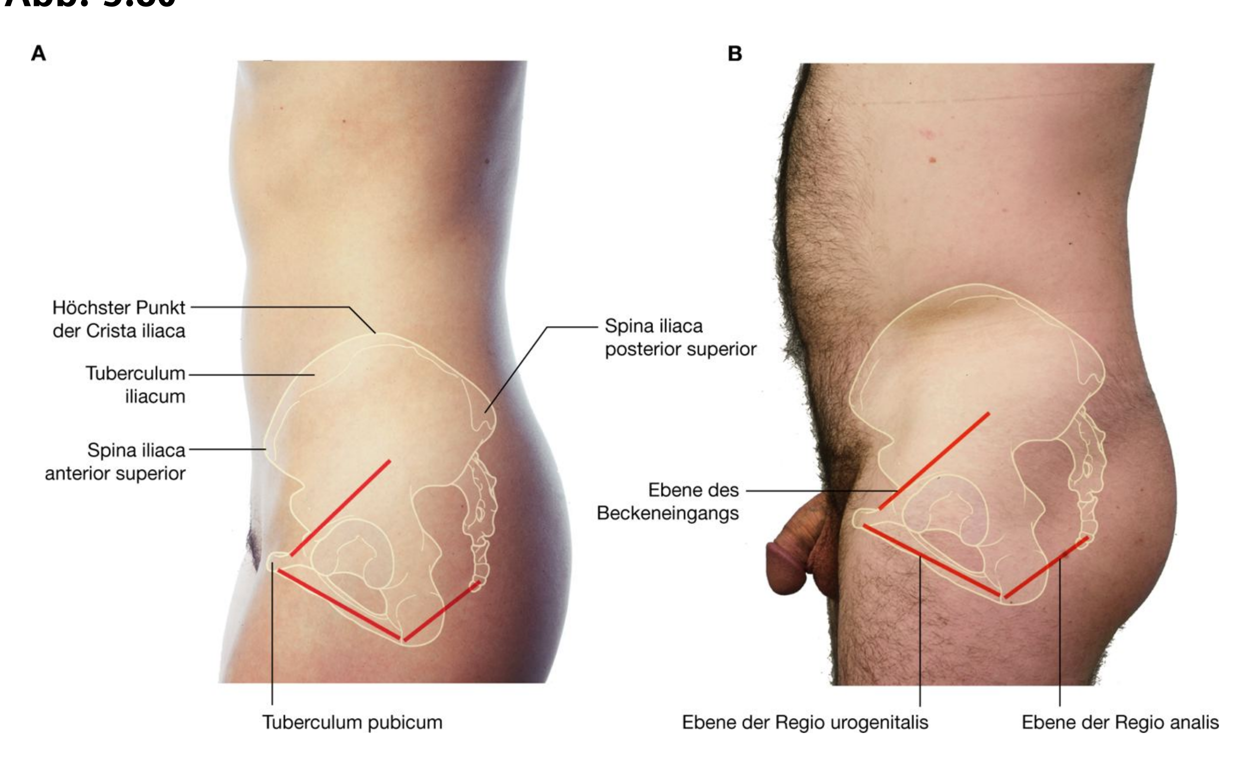
Ausrichtungen von Pelvis und Regio perinealis in der anatomischen Lage

In der anatomischen Lage befinden sich die Spinae iliacae anteriores superiores und die ventrale Oberkante der Symphysis pubica in derselben Frontalebene. Der Beckeneingang zeigt nach vorn oben. Die Regio urogenitalis der Regio perinealis ist fast in der Horizontalebene ausgerichtet und zeigt nach kaudal; die Regio analis ist eher senkrecht ausgerichtet und zeigt nach dorsal (Abb. 5.80 und 5.81).

Wie man die Grenzen der Regio perinealis bestimmt

Symphysis pubica, Tubera ischiadica und die Spitze des Os sacrum sind beim Patienten tastbar und können zur Definition der Grenzen der Regio perinealis genutzt werden. Am besten kann man die Untersuchung vornehmen, wenn der Patient auf dem Rücken liegt und die Beine in Steinschnittlage(gynäkologische Lage) gebeugt und abduziert sind (Abb. 5.82)

Abb. 5.80

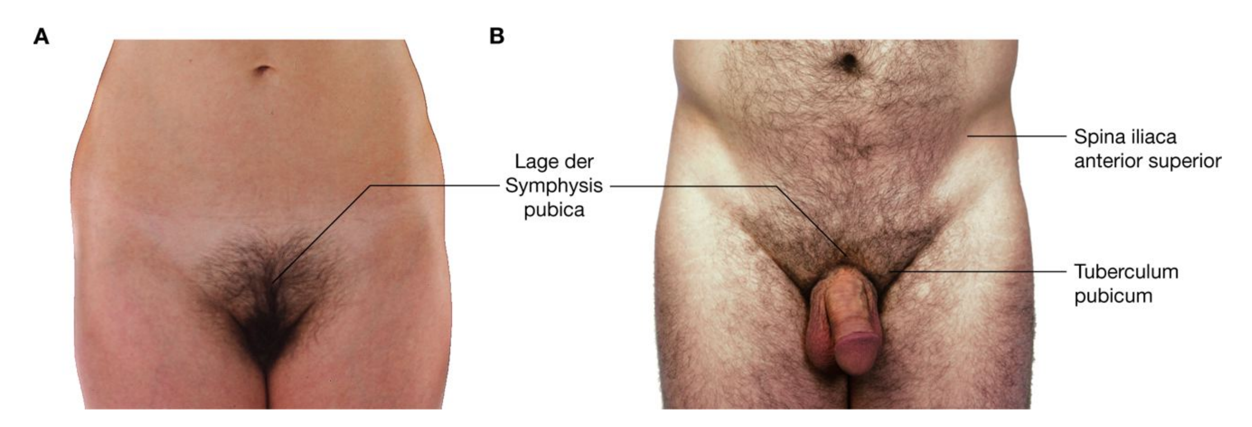


Beckengegend mit Darstellung der gekennzeichneten Skelettbestandteile. Von lateral. Auch die Ausrichtungen von Beckeneingang, Regio urogenitalis und Regio analis sind zu erkennen. A. Bei der Frau. B. Beim Mann.

469

470

Abb. 5.81



Beckengegend. Ansicht von ventral.**A**. Bei der Frau. Darstellung der Symphysis pubica. **B**. Beim Mann. Darstellung der Tubercula pubica, der Symphysis pubica und der Spinae iliacae anteriores superiores.

Abb. 5.82

A

Symphysis pubica
Regio urogenitalis
Ungefähre Lage des Centrum (tendineum) perinei
Tuber ischiadicum
Tuber ischiadicum
Regio analis
Os coccygis

B

Mons pubis
Symphysis pubica
Regio urogenitalis
Ungefähre Lage des Centrum (tendineum) perinei
Tuber ischiadicum
Tuber ischiadicum
Sulcus glutealis
Regio analis
Regio glutealis
Os coccygis

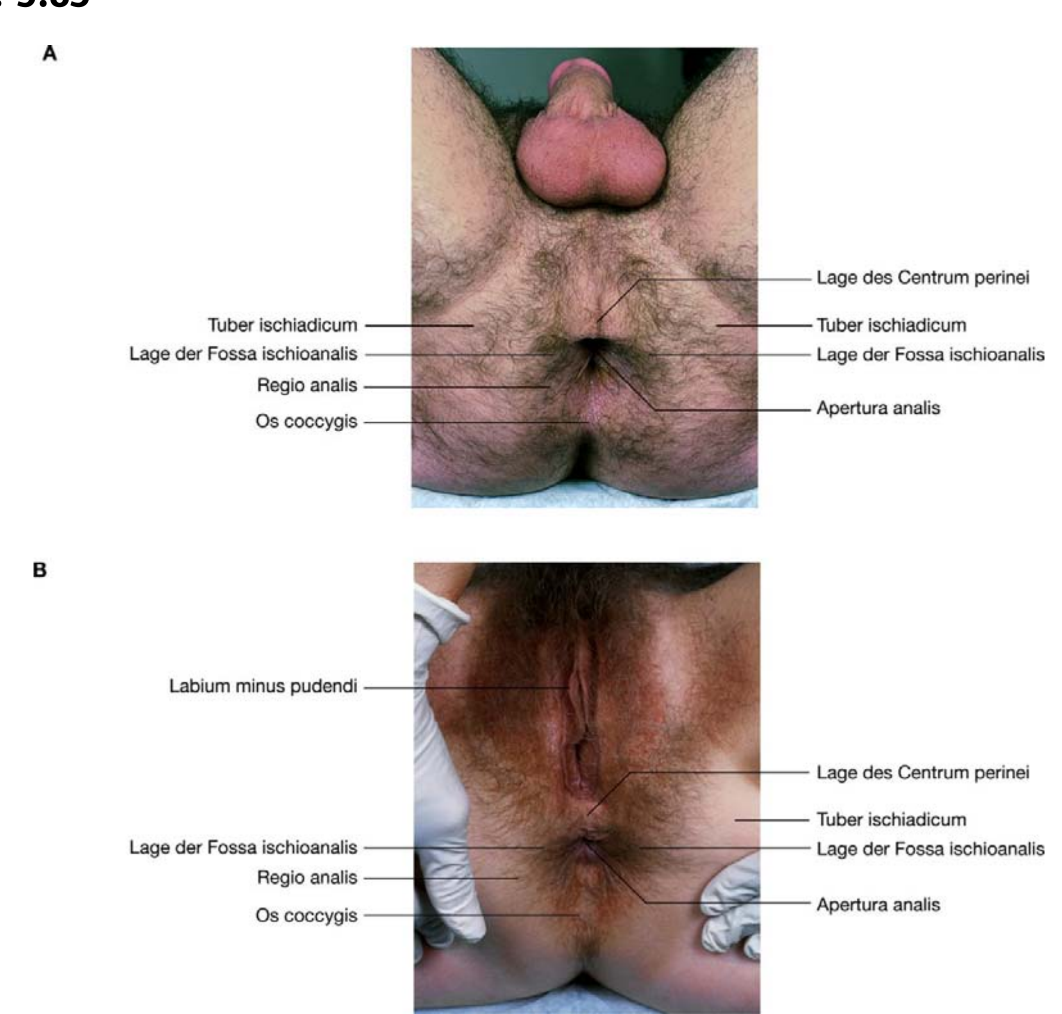
Die Regio perinealis in der Steinschnittlage. Von unten. Grenzen, Unterteilungen und tastbare Orientierungspunkte sind gekennzeichnet. **A**. Beim Mann. **B**. Bei der Frau.

470

- Die Tubera ischiadica sind beidseits als große knöcherne Strukturen nahe der Gesäßfalte (Sulcus glutealis) zwischen Oberschenkel und Regio glutealis tastbar. Sie markieren die lateralen Eckpunkte der rautenförmigen Regio perinealis.
- Die Spitze des Os coccygis ist in der Mittellinie hinter der Apertura analis tastbar und markiert die hintere Grenze der Regio perinealis.
- Die vordere Grenze der Regio perinealis ist die Symphysis pubica. Bei der Frau ist sie tief in der Mittellinie des Mons pubis tastbar. Beim Mann ist sie an der Stelle tastbar, an der Penisschaft und untere vordere Bauchwand zusammentreffen.

Imaginäre Linien, die die Tubera ischiadica ventral mit der Symphysis pubica und dorsal mit der Spitze des Os coccygis verbinden, begrenzen die rautenförmige Regio perinealis. Eine zusätzliche Linie zwischen den Tubera ischiadica teilt die Regio perinealis in zwei dreieckige Bereiche, die ventrale Regio urogenitalis und die dorsale Regio analis. Die Linie entspricht auch der Lage des Hinterrands des Diaphragma urogenitale. Der Mittelpunkt der Linie markiert die Lage des Centrum (tendineum) perinei.

Abb. 5.83



Regio analis mit Darstellung der Apertura analis und der Lage der Fossae ischioanales. **A**. Beim Mann. **B**. Bei der Frau.

472

Identifikation von Strukturen in der Regio analis

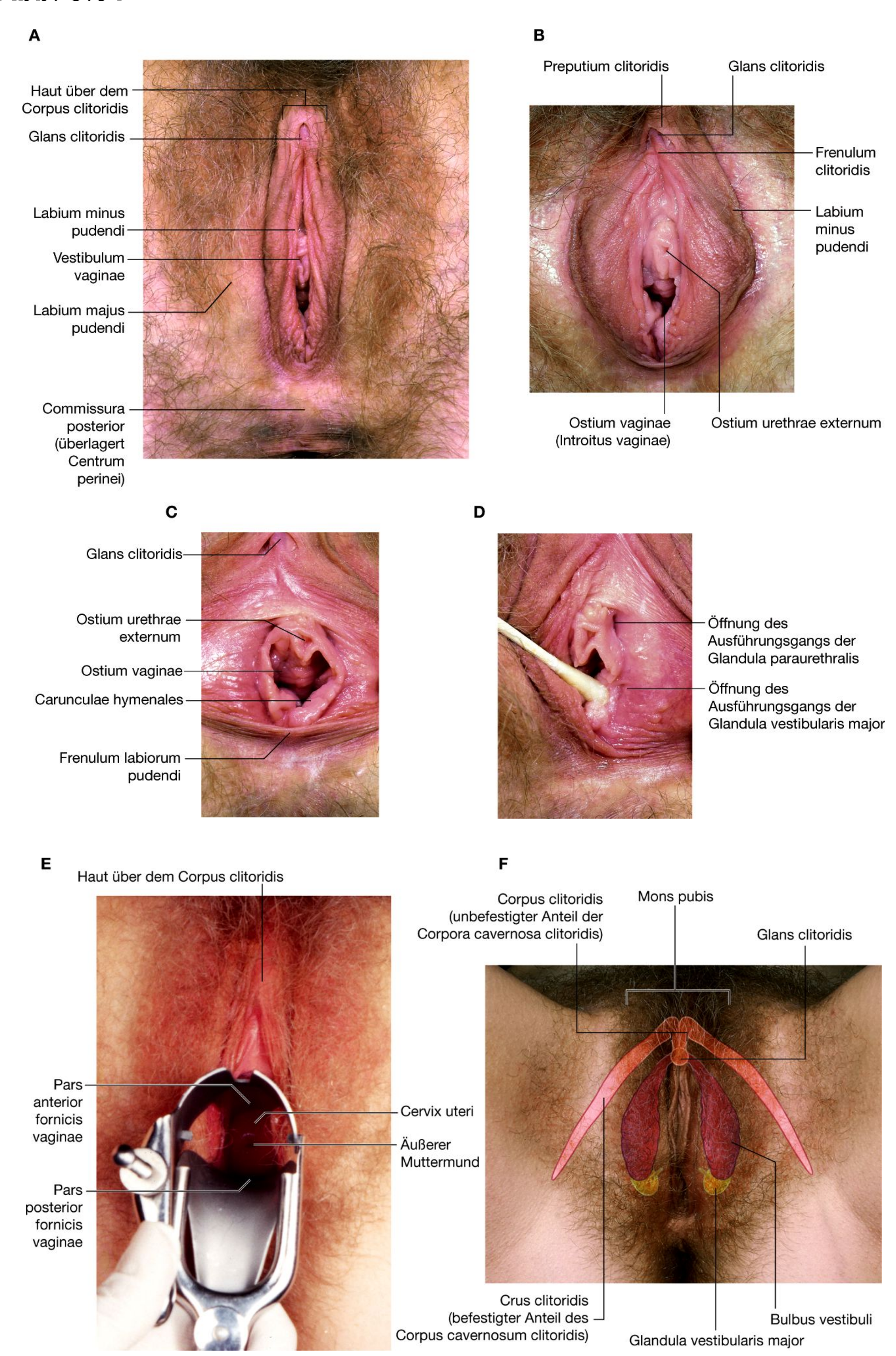
Die Regio analis ist die hintere Hälfte der Regio perinealis. Die Basis der dreieckigen Region zeigt nach ventral und ist eine imaginäre Linie zwischen den beiden Tubera ischiadica. Die Spitze des Dreiecks wird durch die Steißbeinspitze gebildet; die lateralen Grenzen entsprechen den Linien, die Os coccygis und Tubera ischiadica verbinden. Sowohl beim Mann als auch bei der Frau ist die Apertura analis im Zentrum des Dreiecks die größte Struktur der Regio analis. Die beiden Fossae ischioanales seitlich der Apertura analis sind von Fettgewebe ausgefüllt (Abb. 5.83).

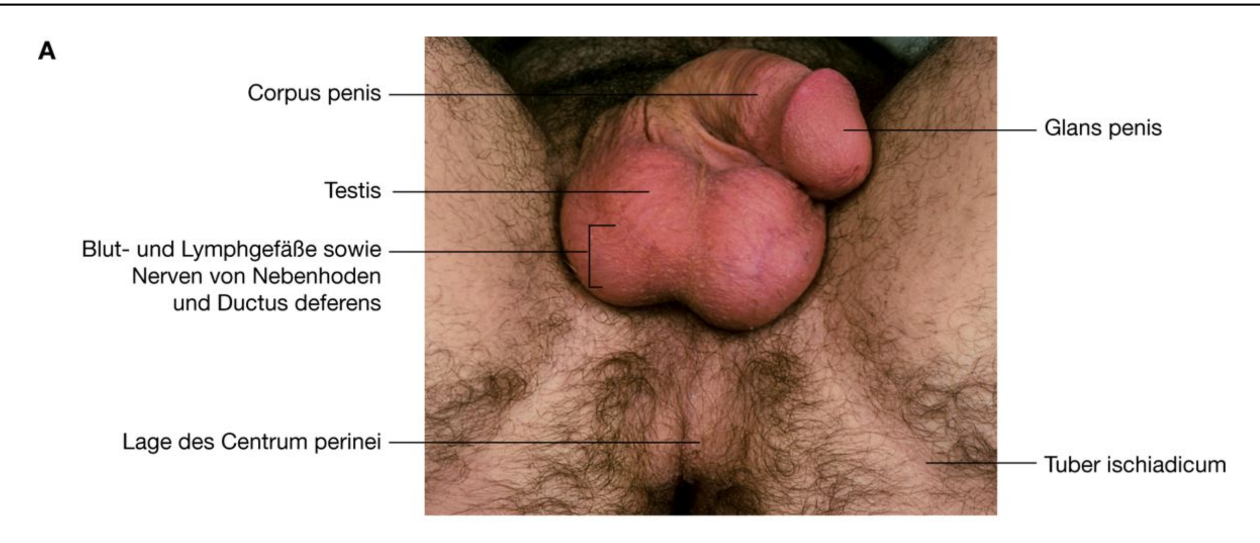
Identifizierung von Strukturen in der Regio urogenitalis bei der Frau

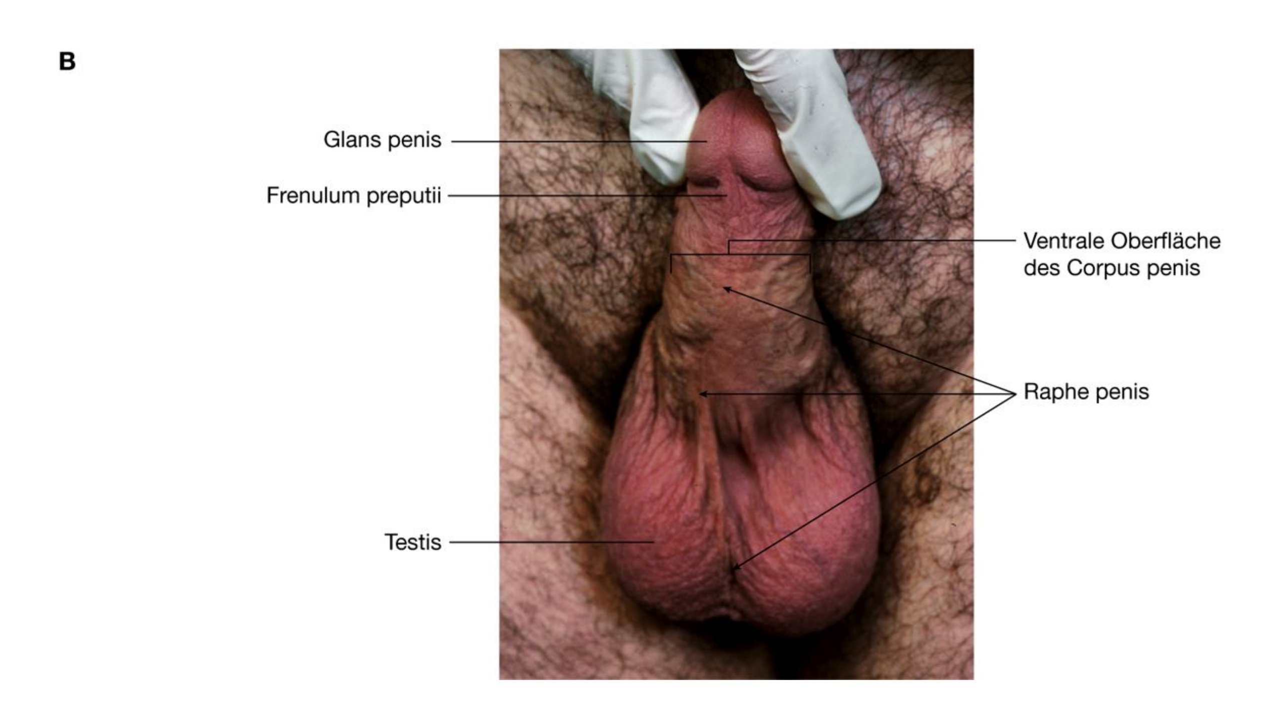
472
473

Die Regio urogenitalis ist die vordere Hälfte der Regio perinealis. Die Basis der dreieckigen Region zeigt nach dorsal und ist eine imaginäre Linie zwischen den beiden Tubera ischiadica. Die Spitze des Dreiecks wird durch die Symphysis pubica gebildet. Die lateralen Grenzen entsprechen den Linien, die die Symphysis pubica und die Tubera ischiadica verbinden. Die Linien überlagern die Rami ischiopubici, die in der Tiefe getastet werden können.

Abb. 5.84


A
Haut über dem Corpus clitoridis
Glans clitoridis
Labium minus pudendi
Vestibulum vaginae
Labium majus pudendi
Commissura posterior (überlagert Centrum perinei)
B
Preputium clitoridis
Glans clitoridis
Frenulum clitoridis
Labium minus pudendi
Ostium vaginae (Introitus vaginae)
Ostium urethrae externum
C
Glans clitoridis
Ostium urethrae externum
Ostium vaginae
Carunculae hymenales
Frenulum labiorum pudendi
D
Öffnung des Ausführungsgangs der Glandula paraurethralis
Öffnung des Ausführungsgangs der Glandula vestibularis major
E
Haut über dem Corpus clitoridis
Pars anterior fornicis vaginae
Pars posterior fornicis vaginae
Cervix uteri
Äußerer Muttermund
F
Corpus clitoridis (unbefestigter Anteil der Corpora cavernosa clitoridis)
Mons pubis
Glans clitoridis
Crus clitoridis (befestigter Anteil des Corpus cavernosum clitoridis)
Bulbus vestibuli
Glandula vestibularis major





Strukturen in der Regio urogenitalis bei der Frau. **A.** Sicht von unten auf die Regio urogenitalis mit Darstellung der Hauptstrukturen. **B.** Sicht von unten auf das Vestibulum vaginae. Die Labia minora pudendi sind zur Öffnung des Vestibulum vaginae auseinandergezogen. Auch Glans clitoridis, Preputium clitoridis und Frenulum clitoridis sind dargestellt. **C.** Sicht von unten auf das Vestibulum vaginae mit Darstellung von Ostium urethrae externum, Ostium vaginae und Hymen. Die Labia minora pudendi sind weiter auseinandergezogen als in **D.** Sicht von unten auf das Vestibulum vaginae. Das linke Labium minus pudendi ist zur Seite gezogen, um die Bereiche des Vestibulum vaginae zu zeigen, in die sich die Glandulae vestibulares majores und Glandulae paraurethrales öffnen.**E**. Sicht auf die Cervix uteri durch den Canalis vaginalis. **F**. Sicht von unten auf die Regio urogenitalis mit Darstellung der Schwellgewebe von Klitoris und Bulbus vestibuli sowie der Glandulae vestibulares majores und der daròberliegenden Strukturen.

Bei der Frau sind die Hauptbestandteile der Regio urogenitalis die Klitoris, das Vestibulum vaginae und die Schamlippen, die gemeinsam die Vulva bilden (Abb. 5.84A und B).

Zwei dünne Hautfalten, die Labia minora pudendi, schließen zwischen sich das Vestibulum vaginae ein, in das sich Vagina und Urethra öffnen (Abb. 5.84C). Zieht man die kleinen Schamlippen leicht nach lateral, öffnet sich das Vestibulum vaginae, und man blickt auf eine kleine Erhöhung, auf der die Urethra mündet. Die Glandulae paraurethrales (Skene-Drüsen) öffnen sich beidseits in der Schleimhautfalte zwischen Urethra und kleinen Schamlippen (Abb. 5.84D).

Hinter der Urethra befindet sich das Ostium vaginae. Das Ostium vaginae (Introitus vaginae) wird von Resten des Hymens (Carunculae hymenales), das die Vagina ursprünglich verschlossen hat und normalerweise während des ersten Geschlechtsverkehrs einreißt, umsäumt. Die Ausführungsgänge der Glandulae vestibulares majores (Bartholin-Drüsen) münden auf beiden Seiten in die Hautfalte zwischen Hymen und angrenzender kleiner Schamlippe.

Vorn gabelt sich jede kleine Schamlippe in eine mediale und eine laterale Falte. Die medialen Falten vereinigen sich in der Mittellinie zum Frenulum clitoridis; die lateralen Falten vereinigen sich in der Mittellinie zum Preputium clitoridis, das die Glans clitoridis und distale Anteile des Corpus clitoridis bedeckt. Dorsal des Vestibulum vaginae vereinigen sich die kleinen Schamlippen und bilden eine kleine Querfalte, das Frenulum labiorum pudendi.

Die großen Schamlippen sind zwei breite Hautfalten, die lateral der kleinen Schamlippen liegen. Sie vereinigen sich vorn zum Mons pubis (Schamberg), der den unteren Teil der Symphysis pubica überlagert. Die hinteren Enden der großen Schamlippen sind durch eine Vertiefung, Commissura posterior, getrennt, die sich über dem Centrum perinei befindet.

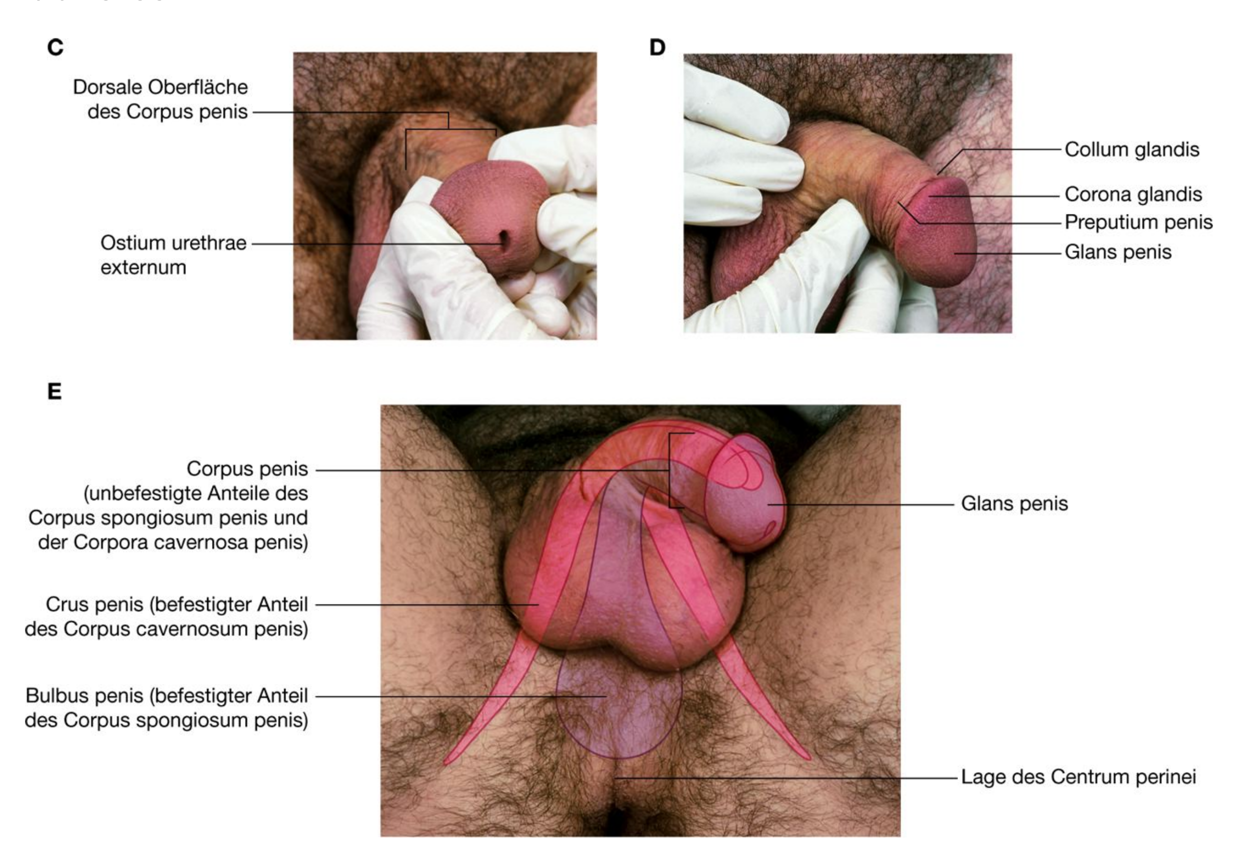
Die Cervix uteri ist sichtbar, wenn der Canalis vaginalis mithilfe eines Spekulums geöffnet wird (Abb. 5.84E). Der äußere Muttermund mündet auf der Oberfläche der kuppelförmigen Zervix. Zwischen der Zervix und der Wand der Vagina befindet sich das Scheidengewölbe, Fornix vaginae, das abhängig von seiner Lokalisation in Partes anterior, posterior und laterales unterteilt wird.

Die Radices clitoridis liegen unter den oberflächlichen Strukturen der Regio perinealis und sind an den Rami ischiopubici und dem Diaphragma urogenitale befestigt.

Die aus Schwellgewebe bestehenden Bulbi vestibuli (Abb. 5.84F) liegen auf beiden Seiten des Vestibulum vaginae unter den kleinen Schamlippen. Die Schwellkörper setzen sich über dünne Bänder aus Schwellgewebe in die Glans clitoridis fort, die unter dem Preputium clitoridis sichtbar ist. Die Glandulae vestibulares majores (Bartholin-Drüsen) befinden sich dorsal der Bulbi vestibuli auf beiden Seiten des Ostium vaginae.

473

Abb. 5.85



Strukturen in der Regio urogenitalis beim Mann. **A**. Von unten. **B**. Ventrale Oberfläche des Corpus penis. **C**. Ansicht von vorn auf die Glans penis mit Darstellung des Ostium urethrae externum. **D**. Ansicht von lateral auf Corpus penis und Glans penis. **E**. Ansicht von unten auf die Regio urogenitalis mit Darstellung der Schwellkörpergewebe des Penis und der daròberliegenden Strukturen.

Die Crura clitoridis sind beidseits an den Rami ischiopubici befestigt. Jedes Crus wird durch den befestigten Anteil des Corpus cavernosum clitoridis gebildet. Ventral trennen sich die Schwellkörper vom Knochen, ziehen nach dorsal unten, vereinigen sich und bilden das Corpus clitoridis.

Das Corpus clitoridis liegt unterhalb einer Hautfurche unmittelbar vor dem Preputium clitoridis. Die Glans clitoridis befindet sich am Ende des Corpus clitoridis.

Identifizierung von Strukturen in der Regio urogenitalis beim Mann

Beim Mann enthält die Regio urogenitalis die Radix penis. Die Hoden und damit verbundene Strukturen werden bei der klinischen Untersuchung in der Regel zusammen mit dem Penis beurteilt, obwohl sie aus dem Abdomen in das Skrotum eingewandert sind.

Das Skrotum des Mannes entspricht den großen Schamlippen der Frau. Beide eiförmigen Hoden sind leicht durch die Skrotalhaut tastbar (Abb. 5.85A). Dorsolateral des Hodens ist Gewebe tastbar, das die Lymph- und Blutgefäße des Hodens, des Nebenhodens und des Ductus deferens

enthält und oft als erhabene Falte sichtbar ist. In der Mittellinie ist eine Raphe (Abb. 5.84B) sichtbar, die das Skrotum in eine rechte und eine linke Seite einteilt. Bei manchen Männern ist die Raphe auffällig und erstreckt sich von der Apertura analis über das Skrotum und entlang der ventralen Seite des Corpus penis bis zum Frenulum preputii.

474
475

Die Radix penis wird durch die befestigten Anteile des Corpus spongiosum penis und der Corpora cavernosa penis gebildet. Das Corpus spongiosum penis ist an der Membrana perinei befestigt und kann leicht als große Struktur vor dem Centrum perinei getastet werden. Diese Struktur, die von den Musculi bulbospongiosi bedeckt wird, ist der Bulbus penis.

Das Corpus spongiosum penis löst sich vorn von der Membrana perinei ab, wird zum ventralen Teil des Corpus penis (Penisschaft) und endet schließlich als Glans penis (Abb. 5.85C und D).

Die Crura penis bilden beidseits die befestigten Anteile der Corpora cavernosa penis und sind an den Rami ischiopubici verankert (Abb. 5.85E). Vorn sind die Corpora cavernosa penis unbefestigt und werden zu den paarigen Schwellkörpern, die den dorsalen Anteil des Corpus penis bilden. Die Glans penis sitzt kappenförmig auf den Vorderenden der Corpora cavernosa penis.

475
476

Klinische Fälle

Fall 1

Varikozele

Ein 25-jähriger Mann stellt sich bei seinem Hausarzt mit einem „ziehenden Gefühl“ auf der linken Seite des Skrotums vor. Ansonsten ist er gesund und zeigt keine weiteren Symptome. Während der Untersuchung palpiert der Arzt den linken Hoden, der normal ist, obwohl er eine leichte, knotige Schwellung im oberen Hodenbereich und am Nebenhoden bemerkt. In seinen Aufzeichnungen beschreibt er die Befunde als einen„ Sack voller Würmer“ (Abb. 5.86). Der„ Sack voller Würmer“ ist eine Varikozele.

Der venöse Abfluss des Hodens erfolgt über den Plexus pampiniformis, der innerhalb des Funiculus spermaticus verläuft. Eine Varikozele ist eine Erweiterung der Venen des Plexus pampiniformis. Varikozelen ähneln Varizen (Krampfadern), die sich meist in den oberflächlichen Beinvenen entwickeln. Typischerweise klagen die Patienten über ein„ ziehendes Gefühl“ im Skrotum und im Hodenbereich, das sich gewöhnlich zum Ende des Tages verschlimmert.

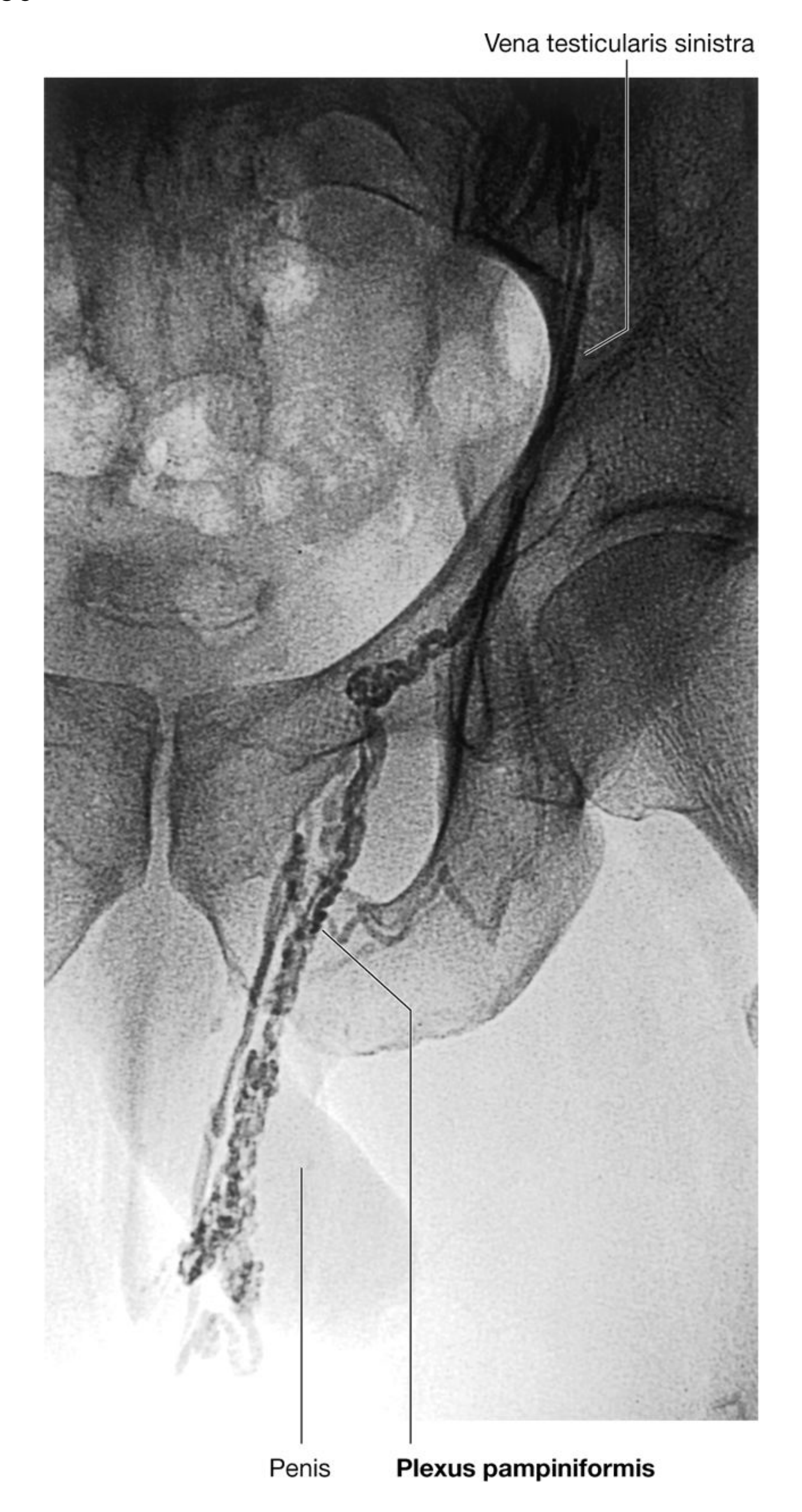
Der Hausarzt empfiehlt einen chirurgischen Eingriff über einen Leistenzugang.

Durch eine einfache chirurgische Methode wird die Haut um das Ligamentum inguinale durchtrennt. Die Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis teilt sich in der vorderen Bauchwand und markiert den Verlauf des Funiculus spermaticus. Eine vorsichtige Inspektion des Funiculus spermaticus zeigt dem Operateur die Venen, die anschließend chirurgisch unterbunden werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Embolisation der Varikozele.

Bei dieser Methode wird ein kleiner Katheter in die Vena femoralis dextra eingeführt. Der Katheter wird entlang der Vena iliaca externa und der Vena iliaca communis in die Vena cava inferior geschoben. Der Katheter wird anschließend in der Vena renalis sinistra platziert, und es wird eine venöse Gefäßdarstellung mit Kontrastmittel durchgeführt, um den Ursprung der Vena testicularis sinistra aufzufinden. Der Katheter wird anschließend in der Vena testicularis sinistra kaudalwärts durch die Venen des Leistenkanals bis zum Plexus pampiniformis vorge-schoben. Zum Verschluss der Gefäße werden winzige Metallspiralen eingebracht, der Katheter wird anschließend wieder herausgezogen.

Abb. 5.86



Darstellung der Vena testicularis sinistra, die den venösen Plexus pampiniformis zeigt.

477

Fall 1

Der Patient fragt, wie das Blut nun nach der Operation aus dem Hoden abfließt.

Obwohl die Hauptvenen des Hodens im Rahmen des Eingriffs verschlossen worden sind, leiten kleine Kollateralvenen innerhalb des Skrotums und im äußeren Bereich des Funiculus spermaticus das Blut ohne erneutes Auftreten einer Varikozele ab.

Fall 2

Kompression des Nervus ischiadicus

Ein junger Mann stellt sich mit Schmerzen in der rechten Regio glutealis, der Hinterseite des Oberschenkels sowie des hinteren und seitlichen Bereichs des Unterschenkels vor. Anamnestisch berichtet er, dass der Schmerz auch in den lateralen Fußbereich, besonders in die Region um den Außenknöchel, ausstrahlt.

Die schmerzenden Bereiche entsprechen Dermatomen. Der beteiligte Bereich betrifft die Dermatome der Spinalnerven L4 bis S3.

Während der folgenden Woche entwickelt der Patient Muskelschwächen, und es kommt zur Ausbildung eines Spitzfußes.

Die Befunde ensprechen einem Verlust der motorischen Funktionen und der Sensibilität, wie er bei Schädigung des Nervus fibularis (peroneus) communis auftritt, eines Asts des Nervus ischiadicus in der unteren Extremität.

Ein durchgeführtes Computertomogramm (CT) von Abdomen und Becken zeigt eine Raumforderung im dorsalen Anteil des rechten Beckens. Sie liegt vor dem Musculus piriformis und grenzt an das Rektum.

Der Nervus ischiadicus bildet sich auf dem vorderen Anteil des Musculus piriformis aus den Wurzeln der Spinalnerven L4 bis S3.

Im Rahmen einer Operation stellt sich die Raumforderung als gutartiger Nerventumor (Neurinom) dar und kann in toto entfernt werden. Die Ausfallerscheinungen bilden sich bei dem Patienten zurück, und dank Physiotherapie merkt er heute nichts mehr von der damaligen Problematik.

477

478

Fall 3

Beckenniere

Eine junge Frau stellt sich bei ihrer Hausärztin mit leichten Schmerzen im Oberbauch vor. Eine Ultraschalluntersuchung zeigt Gallensteine, welche die Schmerzen der Patientin erklären. Nebenbefundlich stellt die ärztin bei der Untersuchung des Beckens eine Raumforderung hinter der Blase fest, die sonographisch ählichkeit mit einer Niere hat (Abb. 5.87).

Was tut die ärztin als Nächstes? Nachdem sie die Raumforderung im Becken hinter der Blase bemerkt hat, beurteilt sie sonographisch beide Nieren. Die Patientin hat eine normale rechte Niere. Die linke Niere ist allerdings nicht in ihrer normalen Lage nachweisbar. Die ärztin diagnostiziert daher eine Beckenniere.

Eine Beckenniere lässt sich aus der Entwicklung erklären. Die Nieren entwickeln sich aus einer komplexen Anordnung von Strukturen, die innerhalb des fetalen Beckens in Nachbarschaft zur Harnblase entstehen. Durch das Längenwachstum des Embryos wandern die sich entwickelnden Nieren aus dem Becken in das Adomen und kommen in Nachbarschaft zur Aorta abdominalis und zur Vena cava inferior an der hinteren Bauchwand zu liegen. Hemmungsfehlbildungen oder Komplikationen im Rahmen der Entwicklung können die Niere daran hindern, ihre normale Position einzunehmen. Meist wird eine Beckenniere nur als Zufallsbefund entdeckt, da sie fast immer asymptomatisch ist.

Die Patientin hat keine der Beckenniere zuschreibbaren Symptome. Nach Entfernung der Gallenblase wird sie entlassen.

Abb. 5.87



Sagittales Computertomogramm einer Beckenniere.

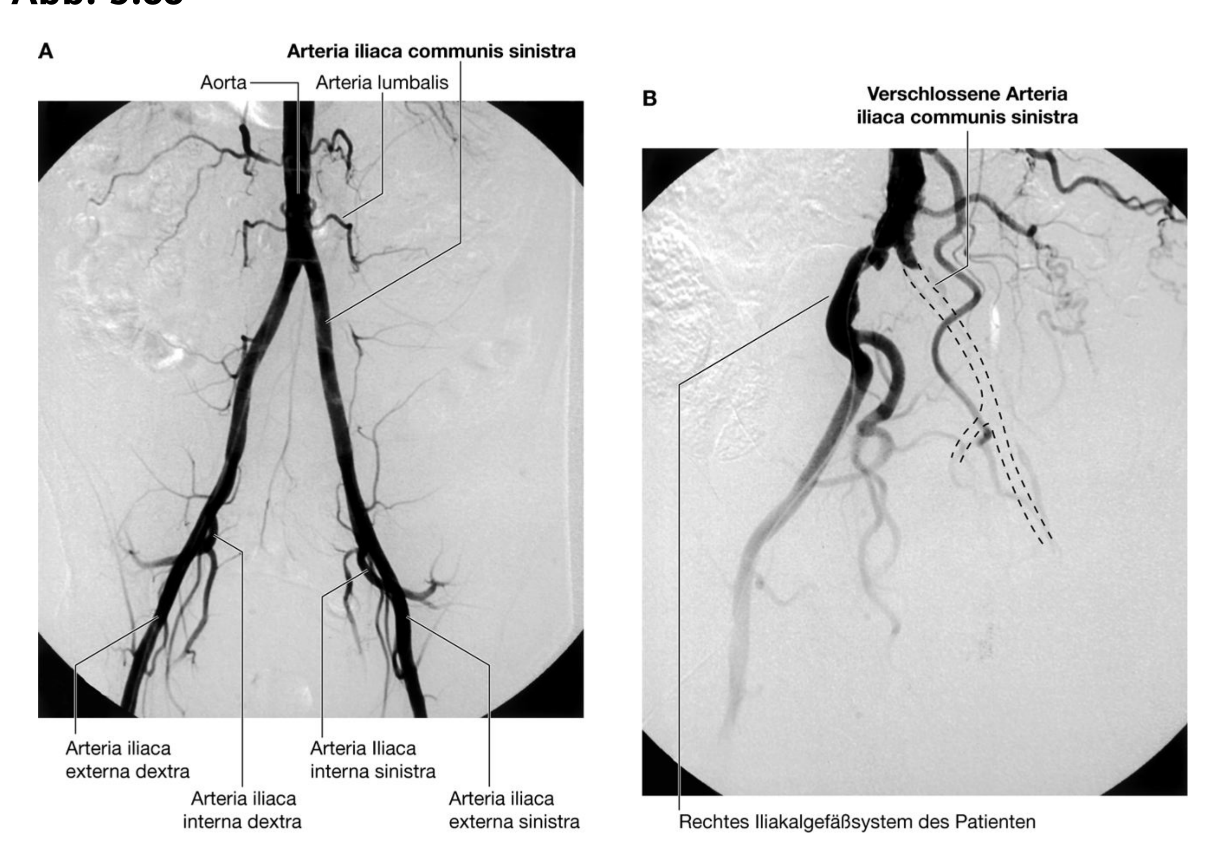
Fall 4

Stenose der Arteria iliaca communis sinistra

Ein 65-jähriger Mann stellt sich mit seit längerem bestehenden Gesäßschmerzen und Impotenz beim Chirurgen vor. Während der Untersuchung hat der Patient im Vergleich zum rechten Fuß links abgeschwächte Fußpulse. Auf direkte Befragung erklärt er, nach einer Laufstrecke von etwa 100 m starke Schmerzen im linken Gesäßbereich zu verspüren. Nach einer kurzen Pause könne er wieder etwa 100 m laufen, bevor dieselben Symptome wiederkehren. Er berichtet ferner, dass er im letzten Jahr keine Erektion bekommen hätte. Der Patient ist starker Raucher. Er nimmt keine Medikamente ein und ist ansonsten nicht in ärztlicher Behandlung.

Die Schmerzen im linken Gesäß sind ischämischer Genese. Sie sind ein typisches Zeichen für eine mangelnde Blutversorgung der Muskulatur. Ein ähnlicher Befund wird erhoben, wenn die Rami musculares der Arteria femoralis stenosiert oder verschlossen sind. Solche Patienten entwickeln ähnliche ischämische Schmerzen in der Wadenmuskulatur, die als Claudicatio intermittens (intermittierendes Hinken) bezeichnet werden.

Abb. 5.88



Digitales Subtraktionsangiogramm der Aorta und der Arteriae iliacae. **A**. Normaler Kreislauf. **B**. Verschluss der Arteria iliaca communis sinistra.

Wie gelangt das Blut zur Glutealmuskulatur?

Das Blut fließt von der Gabelung der Aorta in die Arteriae iliacae communes, die sich jeweils in Arteriae iliacae externa und interna teilen. Die Arteria iliaca interna teilt sich anschließend in die Trunci anterior und posterior, die wiederum Gefäße abgeben, die die Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus verlassen und die Glutealmuskeln versorgen. Auch die Arteria pudenda interna ist ein Ast des Truncus anterior der Arteria iliaca interna und versorgt den Penis.

Die Symptome des Patienten treten auf der linken Seite auf. Dies legt nahe, dass sich nur auf dieser Seite eine Stenose befindet.

479
480

Da die Symptome des Patienten nur auf der linken Seite auftreten, befindet sich die Stenose wahrscheinlich im Bereich der Arteria iliaca communis sinistra (Abb. 5.88) und behindert den Blutfluss in die Arteriae iliacae externa sinistra undt interna sinistra.

„Wie werde ich behandelt?“, fragt der Patient.

Der Patient wird aufgefordert, mit dem Rauchen aufzuhören und regelmäßig Sport zu treiben. Die Stenose wird mittels eines Ballons (Ballondilatation über einen Katheter, Angioplastie) aufgeweitet. In schwerwiegenderen Fällen, z.B. bei starken Verkalkungen, die eine Ballondilatation unmöglich machen, wird chirurgisch ein Bypasstransplantat eingebracht.

Durch Rauchverzicht und regelmäßige sportliche Betätigung verbessert der Patient seine Laufstrecke. Nach der Ballondilatation kann er wieder ungehindert laufen, und auch mit der Erektion klappte es wieder.

Fall 5

Latrogene Verletzung der Ureteren

Eine 50-jährige Frau wird zur chirurgischen Entfernung des Uterus (Hysterektomie) aufgrund eines Uteruskarzinoms ins Krankenhaus eingewiesen. Der Operateur hat auch die Entfernung aller Beckenlymphknoten und die Durchführung einer bilateralen Salpingoovarektomie (Entnahme der Tubae uterinae und der Ovarien) geplant. Die Patientin wird für die Operation vorbereitet und unterzieht sich dem Routineeingriff. 25 h nach der Operation bemerkt man, dass die Patientin noch keinen Urin ausgeschieden hat und einen brettharten Bauch hat (akutes Abdomen). Die Ultraschalluntersuchung zeigt eine beträchtliche Menge Flüssigkeit im Abdomen; eine durchgeführte Probepunktion ergibt, dass es sich bei der Flüssigkeit im Adomen um Urin handelt.

Es wird vermutet, dass einer oder beide Ureteren der Patientin während der Operation verletzt worden sind.

Der Beckenteil des Ureters verläuft nach hinten unten und unterhalb des Peritoneum parietale auf der lateralen Beckenwand (retroperitoneal) vor der Arteria iliaca interna. Der Ureter setzt seinen Verlauf bis zu einem Punkt ungefähr 2 cm oberhalb der Spina ischiadica fort und zieht dann oberhalb der Musculi levatores ani nach medial vorn. Wichtig ist, dass der Ureter fest am Peritoneum haftet. Die einzige Struktur zwischen Ureter und Peritoneum ist der Ductus deferens

beim Mann. Bei der Frau unterkreuzt der Ureter die Arteria uterina, wenn er an der Beckenwand hinunterläuft. Der Ureter setzt sich besonders auf der linken Seite nahe der Pars lateralis fornicis vaginae fort und tritt in den hinteren oberen Winkel der Harnblase ein. An dieser Stelle wird der Ureter bei der Patientin versehentlich geschädigt.

Die Kenntnis der Anatomie und der Möglichkeit einer Verletzung der Ureteren ermöglicht den Chirurgen, die Kontinuität der Ureteren chirurgisch wiederherzustellen. Die Patientin wird erneut operiert, verbringt einige Tage länger als erwartet im Krankenhaus und erholt sich im Anschluss ohne Zwischenfälle.

480

481

Fall 6

Ektope Schwangerschaft

Eine 25-jährige Frau stellt sich mit Schmerzen in der rechten Fossa iliaca in der Notaufnahme vor. Der Schmerz hat sich schnell über etwa 40 min entwickelt und geht mit Krämpfen und Erbrechen einher. Der chirurgische Assistenzarzt diagnostiziert zunächst eine Appendizitis.

Zum typischen Verlauf einer Appendizitis gehören zentrale kolikartige (abwechselnd zunehmende und abnehmende) Schmerzen im Abdomen, die sich über einen Zeitraum von Stunden zu einem konstanten Schmerz in der rechten Fossa iliaca entwickeln. Die zentralen kolikartigen Schmerzen sind typisch für schwer lokalisierbare viszerale Schmerzen. Sobald die Entzündung auf das Peritoneum parietale übergreift, wird der Schmerz lokalisierbar. Obwohl die Patientin Schmerzen in der rechten Fossa iliaca verspürt, ist ihre Anamnese nicht typisch für eine Appendizitis (obwohl man daran denken muss, da nicht alle Patienten die klassische Anamnese einer Appendizitis aufweisen müssen).

Der chirurgische Assistenzarzt fragt einen älteren Kollegen nach seiner Meinung.

Der ältere Kollege zieht andere anatomische Strukturen innerhalb der rechten Fossa iliaca als mögliche Ursache für die Schmerzen in Betracht. Dazu gehören die Appendix vermiformis, das Zäkum und der Dünndarm. Auch können Schmerzen von Muskulatur und Knochen oder übertragene Schmerzen die Ursache sein. Bei Frauen können die Schmerzen auch vom Ovar, von den Tuben oder dem Uterus kommen. Bei jungen Patientinnen sind Krankheiten dieser Organe selten; allerdings müssen Infektionen und Adnexitiden in die Erwägungen mit einbezogen werden.

Die Patientin hat bis dahin keine dieser Krankheiten gehabt.

Nach weiterer Befragung ergibt sich jedoch, dass die letzte Menstruation der Patientin sechs Wochen her ist. Der ältere Kollege vermutet, dass eine extrauterine Schwangerschaft die mögliche Ursache der Schmerzen im Abdomen erklären könnte. Die Patientin wird umgehend sonographiert. Hierbei zeigt sich kein Zeichen für eine intrauterine Schwangerschaft. Der parallel durchgeführte Schwangerschaftstest ist allerdings positiv. Die Patientin wird notfallmäßig operiert; hierbei wird eine Tubargravidität (Tubenschwangerschaft) festgestellt.

Immer wenn sich ein Patient mit manifesten Schmerzen im Beckenbereich vorstellt, ist es wichtig, die geschlechtsabhängigen anatomischen Unterschiede zu beachten. Bei Frauen im gebärfähigen Alter sollte eine Extrauteringravidität immer in Erwägung gezogen werden.

481

482

Fall 7

Uterustumor

Eine 35-jährige Frau stellt sich bei ihrem Hausarzt mit einem„ aufgeblähten“ Gefühl und einer Zunahme des Bauchumfangs vor. Der Hausarzt untersucht das untere Abdomen und bemerkt dabei eine Raumforderung, die sich von den oberen Schambeinästen bis auf Höhe des Bauchnabels erstreckt. Der Oberrand der Raumforderung ist leicht tastbar; der Unterrand ist nicht klar beurteilbar.

Die Patientin hat eine Raumforderung im Becken.

Bei der Untersuchung eines Patienten in Rückenlage sollte das ganze Abdomen frei gemacht sein.

Die Untersuchung zeigt eine Schwellung im unteren Abdomen auf Höhe des Bauchnabels. Die Palpation ergibt eine harte und leicht unregelmäßige Raumforderung mit gut abgrenzbaren Ober- und Seitenrändern und einem weniger gut abgrenzbaren Unterrand. Dies führt zu der Vermutung, dass sich die Raumforderung in das Becken fortsetzt. über der Raumforderung ist ein dumpfes Geräusch perkutierbar.

Der Arzt überlegt, von welchen Strukturen die Raumforderung ausgegangen sein kann. Bei der Becken-unter-suchung müssen die Geschlechtsunterschiede berücksichtigt werden. Bei Mann und Frau sind Rektum und Darm, Harnblase und Muskeln gleich. Bestimmte pathologische Zustände wie die Entwicklung von Beckenabszessen und Flüssigkeitsansammlungen kommen ebenfalls bei beiden Geschlechtern vor.

Beim Mann ist die Prostata transabdominal nicht tastbar, und es kommt extrem selten vor, dass sie sich im Rahmen einer benignen Erkrankung in einem solchen Ausmaß vergrößert. Aggressive Prostatakarzinome können in das ganze Becken streuen; meist führen derartige Tumoren aber schon vorher zu einem Darmverschluss und zu Problemen beim Wasserlassen.

Bei Frauen können große Raumforderungen von mehreren Organen ausgehen, einschließlich der Ovarien (solide und zystische Tumoren), der embryologischen Reste innerhalb des Ligamentum latum uteri und des Uterus (Schwangerschaft und Fibrome).

Der Arzt erhebt eine umfangreiche Anamnese.

Es ist immer wichtig festzustellen, ob die Patientin schwanger ist oder nicht (gelegentlich sind Patientinnen von ihrer Schwangerschaft überrascht).

Der Schwangerschaftstest der Patientin ist negativ. Nach Entleerung der Harnblase zeigt sich kein Unterschied in der Größe der Raumforderung. Der Arzt denkt an einen relativ häufigen benignen Tumor des Uterus (Myom). Zur Bestätigung der Diagnose führt er eine Ultraschalluntersuchung des Beckens durch, die zeigt, dass die Raumforderung vom Uterus ausgeht.

Die Patientin wird zum Gynäkologen überwiesen. Nach langer Diskussion bezüglich Symptomatik, Fertilität und Risiken einigen sich Arzt und Patientin, dass eine Hysterektomie (chirurgische Entfernung des Uterus) durchgeführt werden soll.

Die Patientin fragt eine Reihe anderer Gynäkologen nach ihrer Meinung, die ihr alle zur Operation raten.

Das Myom wird ohne Komplikationen entfernt.

482

483

10 Kurze Fragen

1.

F: Eine 25-jährige Frau stellt sich mit einer Raumforderung im unteren Abdomen vor, die im Becken entstanden zu sein scheint. Von welchen anatomischen Strukturen könnte sie ausgehen?

A: Strukturen am übergang von Becken und Abdomen sind Harnblase, Uterus, Ovarien und Colon sigmoideum. Eine häufige Ursache in dieser Altersgruppe ist eine Schwangerschaft.

2.

F: Ein junger Mann stellt sich mit Hodenkrebs und Lymphknotenmetastasen vor. Wo würden Sie die Lymphknoten palpieren?

A: Nicht in der Leistengegend! Der Lymphabfluss des Hodens erfolgt über Lymphgefäße im Funiculus spermaticus zu den rechten und linken Nodi lymphoidei aortici laterales. Die Untersuchung des Abdomens würde eine Lymphadenopathie (Vergrößerung der Lymphknoten) dieser Lymphknoten zeigen.

3.

F: Nach der Exzision eines Abszesses im Canalis analis entwickelt ein Patient eine Inkontinenz. Warum?

A: Der anale Sphinkter besteht aus zwei Hauptkomponenten: einem inneren Anteil (Musculus sphincter ani internus, 70 % der Kontinenzleistung), der in die Ringmuskulatur des Darms übergeht, und einer äußeren Komponente aus quergestreifter Muskulatur (Musculus sphincter ani externus), die in drei Anteile – Pars subcutanea, Pars superficialis und Pars profunda – unterteilt wird. Obwohl der quergestreifte Musculus sphincter ani externus nur für 20 % des Ruhetonus des normalen Analsphinkters verantwortlich ist, ist er extrem wichtig für die Kontinenzerhaltung. Er wurde vermutlich durchtrennt.

4.

F: Ein kleiner Junge berichtet, dass sich bei der Urinentleerung immer die Vorhaut aufbläht. Warum?

A: Dieser kleine Junge hat eine Phimosis, die durch eine erhebliche Verengung der Vorhautöffnung entsteht. Eine Behandlung ist wichtig, da unter der verengten Vorhaut leicht Infektionen entstehen könnten. Bei dem Jungen wird eine Zirkumzision (Vorhautentfernung) durchgeführt.

5.

F: Eine Frau mit einem Uteruskarzinom hat steinharte Nodi lymphoidei inguinales superficiales. Haben diese beiden Befunde möglicherweise etwas miteinander zu tun?

A: Ja. Die Lymphgefäße des Fundus uteri verlaufen mit den ovariellen Gefäßen zu den Nodi lymphoidei lumbales. Einige Lymphgefäße ziehen zu den Nodi lymphoidei iliaci externi, und einige ziehen gemeinsam mit dem Ligamentum teres uteri durch den Leistenkanal zu den Nodi lymphoidei inguinales superficiales.

6.

F: Während einer digitalen rektalen Untersuchung eines männlichen Patienten bemerkt der Arzt eine zweilappige Struktur vor seinem palpierenden Finger. Worum handelt es sich?

A: Um die Prostata. Die Prostata besteht aus einem rechten und einem linken Lobus und einem Sulcus in der Mittellinie. Es ist wichtig, die Lobi und den Sulcus medianus zu erkennen, da ein Verlust, eine Vergrößerung oder Unebenheiten der Oberfläche der Strukturen Hinweis auf eine Erkrankung der Prostata sein können.

7.

F: Ein 45-jähriger Mann entwickelt einen Abszess der Analkrypten, der sich in die Fossa ischioanalis ausdehnt. Welche Struktur verhindert, dass sich der Abszess in das Becken ausdehnt?

A: Ischioanale Abszesse kommen ab und zu vor und verbleiben normalerweise innerhalb der Weichteile und des Fettgewebes der Regio perinealis. Sie werden kaudal durch subkutane Strukturen, lateral durch die Beckenwände und kranial durch die Musculi levatores ani an ihrer Ausdehnung gehindert. Die Therapie erfolgt normalerweise mittels Inzision und Drainage.

8.

F: Warum kommt es nach abdominalen Operationen leicht zu Infektionen und Abszessen im Becken?

A: Das Becken ist der tiefste Teil der Peritonealhöhle in Rückenlage. Flüssigkeiten und Eiter sammeln sich aufgrund der Schwerkraft im Becken. Außerdem werden viele Patienten in einer halb aufrechten Lage (erhöhtes Kopfteil) gepflegt. Diese Lage fördert den Abfluss in das Becken

484

9.

F: **Ein Patient entwickelt Rückenschmerzen und Inkontinenz. Welche Nervenwurzeln wurden wahrscheinlich komprimiert?**

A: S2 bis S4.

10.

F: **Eine Patientin entwickelt eine Leistenhernie. Welcher Typ Hernie ist am wahrscheinlichsten?**

A: Am häufigsten kommen indirekte Inguinalhernien vor. Schenkelhernien (Femoralhernien) kommen bei Frauen öfter vor als bei Männern, aber insgesamt sind Inguinalhernien die häufigste Hernienform.

6 Untere Extremität

Übersicht

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die untere Extremität ist am Achsenskelett über das Ilio-sakralgelenk sowie über kräftige Bänder verankert, die das Os coxae mit dem Os sacrum verbinden. Sie wird von Abdomen, Rücken und Perineum durch eine koninuierliche Linie getrennt (Abb. 6.1), die

- das Tuberculum pubicum mit der Spina iliaca anterior superior verbindet (Verlauf des Ligamentum inguinale), anschließend weiter über die Crista iliaca zur Spina iliaca posterior superior verläuft und so die untere Extremität von der ventralen und lateralen Thoraxwand trennt
- zwischen der Spina iliaca posterior superior und entlang der dorsolateralen Oberfläche des Os sacrum zum Os coccygis verläuft, um die untere Extremität von den Muskeln des Rückens zu trennen
- den medialen Rand des Ligamentum sacrotuberale, das Tuber ischiadicum, den Ramus inferior ossis pubis und die Symphysis pubica miteinander verbindet und so die untere Extremität vom Perineum trennt.

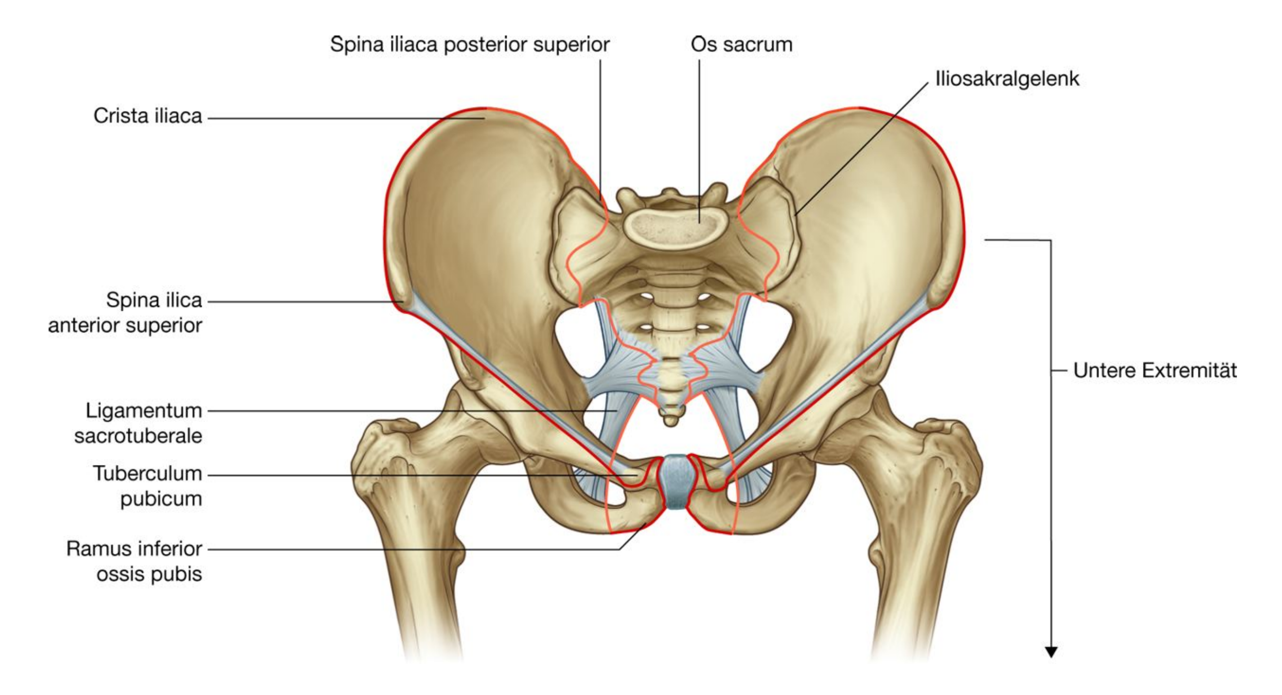
Die untere Extremität wird anhand der Hauptgelenke, der beteiligten Knochen und der oberflächlichen Orientierungspunkte in Glutealregion, Oberschenkel, Unterschenkel und Fuß unterteilt (Abb. 6.2):

- Die **Glutealregion** liegt posterolateral zwischen der Crista iliaca und der Gesäßfalte (Rima ani), die den Unterrand des Gesäßes bildet.
- Der **Oberschenkel** befindet sich ventral zwischen Leistenband (Ligamentum inguinale) und Kniegelenk. Das Hüftgelenk liegt direkt unterhalb des mittleren Drittels des Leistenbandes; dorsal wird der Oberschenkel von Rima ani und Knie begrenzt.
- Der **Unterschenkel** befindet sich zwischen dem Knie und dem Sprunggelenk.
- Der **Fuß** liegt distal vom Sprunggelenk.

Trigonum femorale, Fossa poplitea und die posteromediale Seite des Sprunggelenks sind wichtige Verbindungsbereiche, durch die Strukturen von einer Region in die andere gelangen (Abb. 6.3).

Das **Trigonum femorale** (Schenkeldreieck) ist eine pyramidenförmige Mulde, die durch Muskeln des proximalen Oberschenkels und durch das Ligamentum inguinale, das die Basis des Dreiecks bildet, begrenzt wird. Die Hauptblutgefäße und einer der Nerven (Nervus femoralis) der oberen Extremität gelangen aus dem Abdomen in die untere Extremität, indem sie unter dem Leistenband und durch das Schenkeldreieck verlaufen.

Abb. 6.1



Obere Begrenzung der unteren Extremität.

Die **Fossa poplitea** (Kniekehle) liegt dorsal des Kniegelenks und hat durch die Muskeln von Ober- und Unterschenkel Rhombenform. Die großen Gefäße und Nerven zwischen Ober- und Unterschenkel verlaufen durch die Fossa poplitea.

486
487

Die meisten Nerven, Gefäße und Beugesehnen, die zwischen Unterschenkel und Fuß verlaufen, ziehen durch mehrere Kanäle (Tarsaltunnel) am medialen Knöchel. Diese Kanäle werden von den benachbarten Knochen und dem Retinaculum musculorum flexorum gebildet, das die Sehnen in ihrer Position hält.

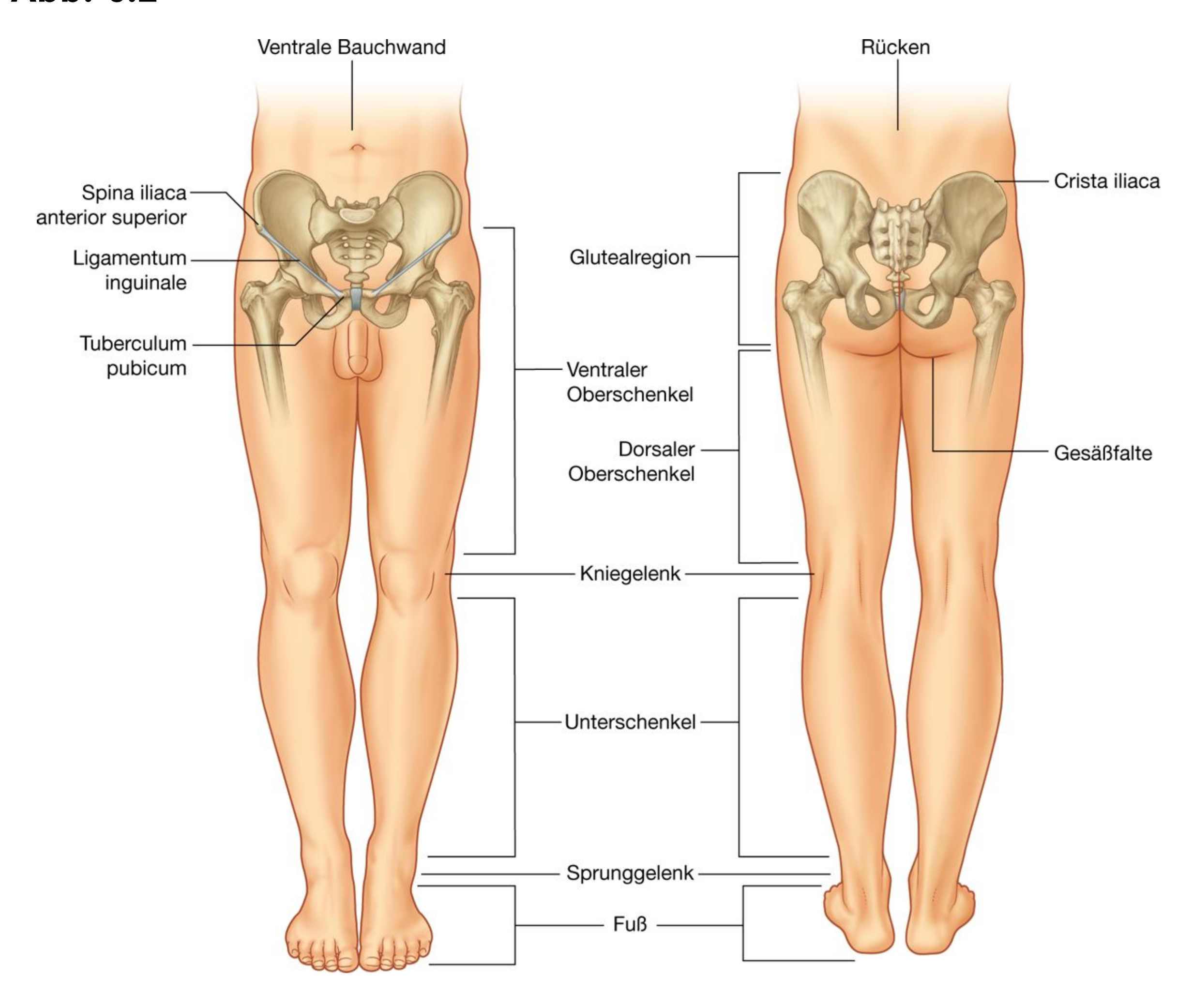
FUNKTION

Tragen des Körpergewichts

Eine Hauptfunktion der unteren Extremität ist das Tragen des Körpergewichts mit möglichst minimalem Energieaufwand. Im aufrechten Stand liegt der Körperschwerpunkt ventral der Vorderkante des S2-Wirbelkörpers im Becken (Abb. 6.4). Eine vertikale Linie durch den Körperschwerpunkt verläuft etwas hinter den Hüftgelenken, ventral von Knie- und

Sprunggelenk und direkt über der annähernd runden Basis, die von den Füßen am Boden gebildet wird. Durch den Verlauf der Linie werden die Knie- und Hüftgelenke in Streckstellung gehalten.

Abb. 6.2



Regionen der unteren Extremität.

Die Organisation der Bänder am Hüft- und am Kniegelenk sowie die Form der Gelenkflächen, vor allem am Knie, ermöglichen ein „Blockieren" der Gelenke in ihrer Position beim stehenden Menschen, sodass die zum Stehen benötigte Muskelenergie reduziert wird.

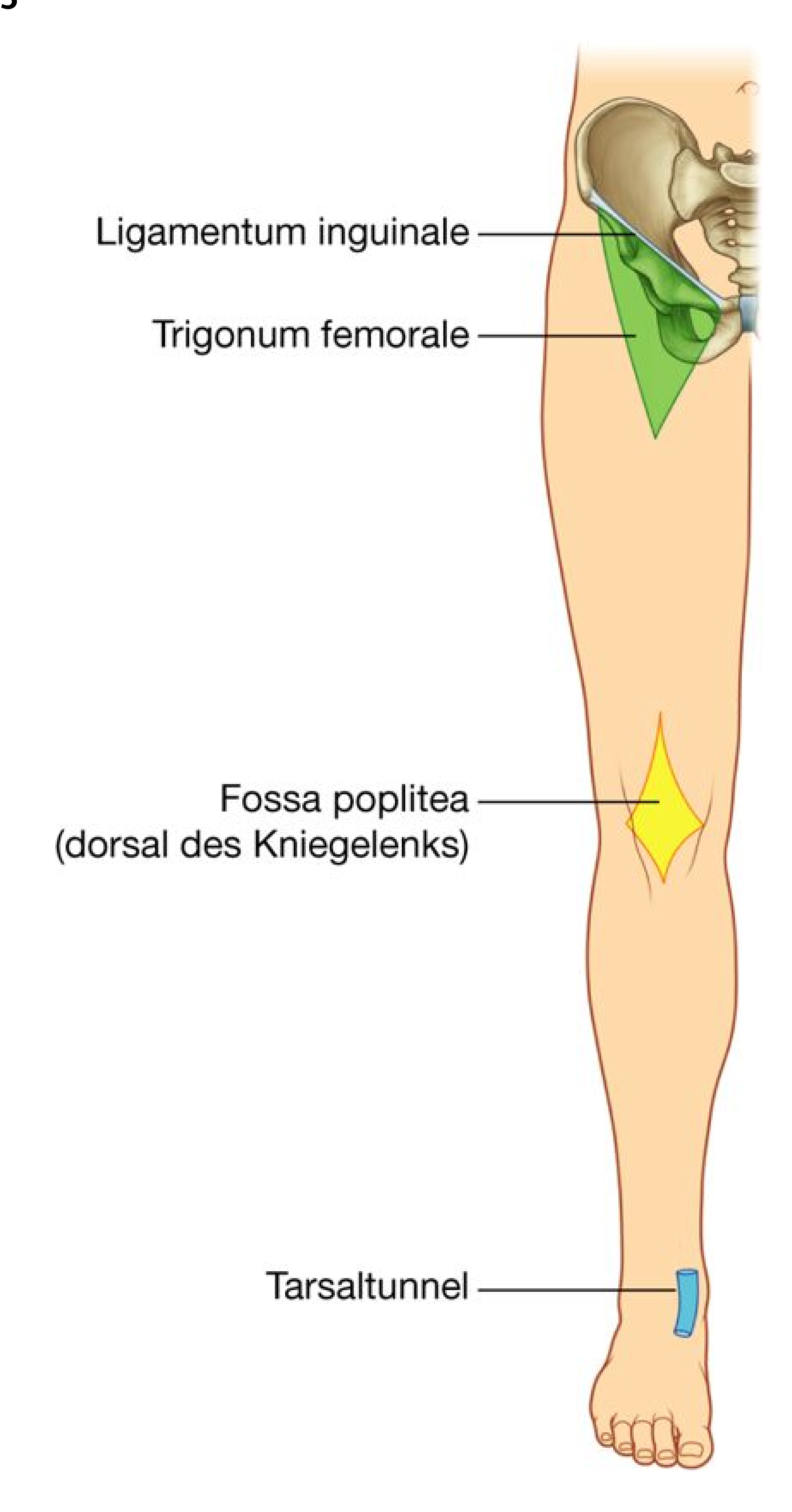
Fortbewegung

Die zweite wichtige Funktion der unteren Extremität ist die Bewegung des Körpers im Raum. Durch das Zusammenspiel der Bewegungen aller Gelenke der unteren Extremität werden die Füße am Boden positioniert, und der Körper wird über den Fuß bewegt.

Im Hüftgelenk können Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion, Innen- und Außenrotation sowie Zirkumduktion durchgeführt werden (Abb. 6.5).

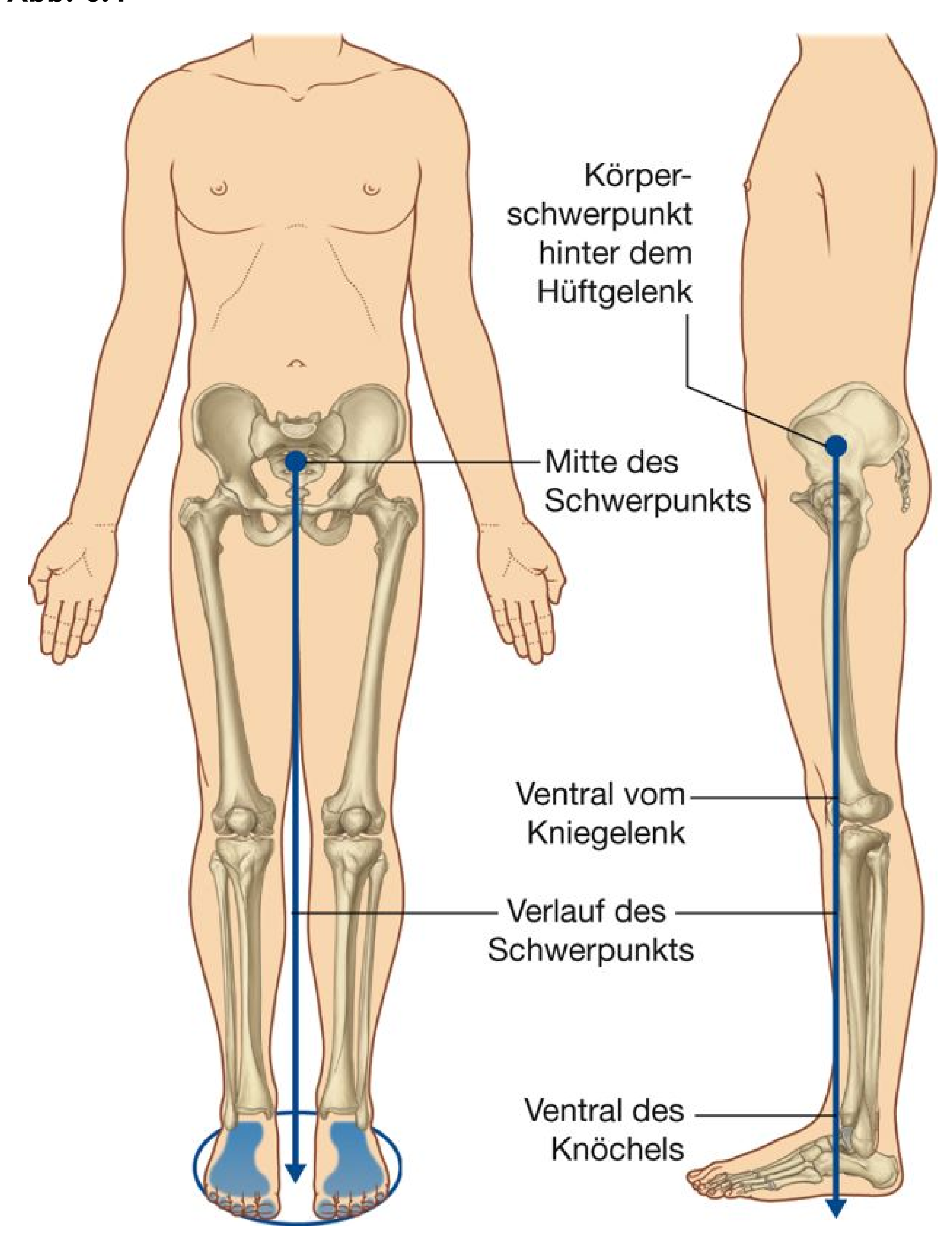
487

Abb. 6.3



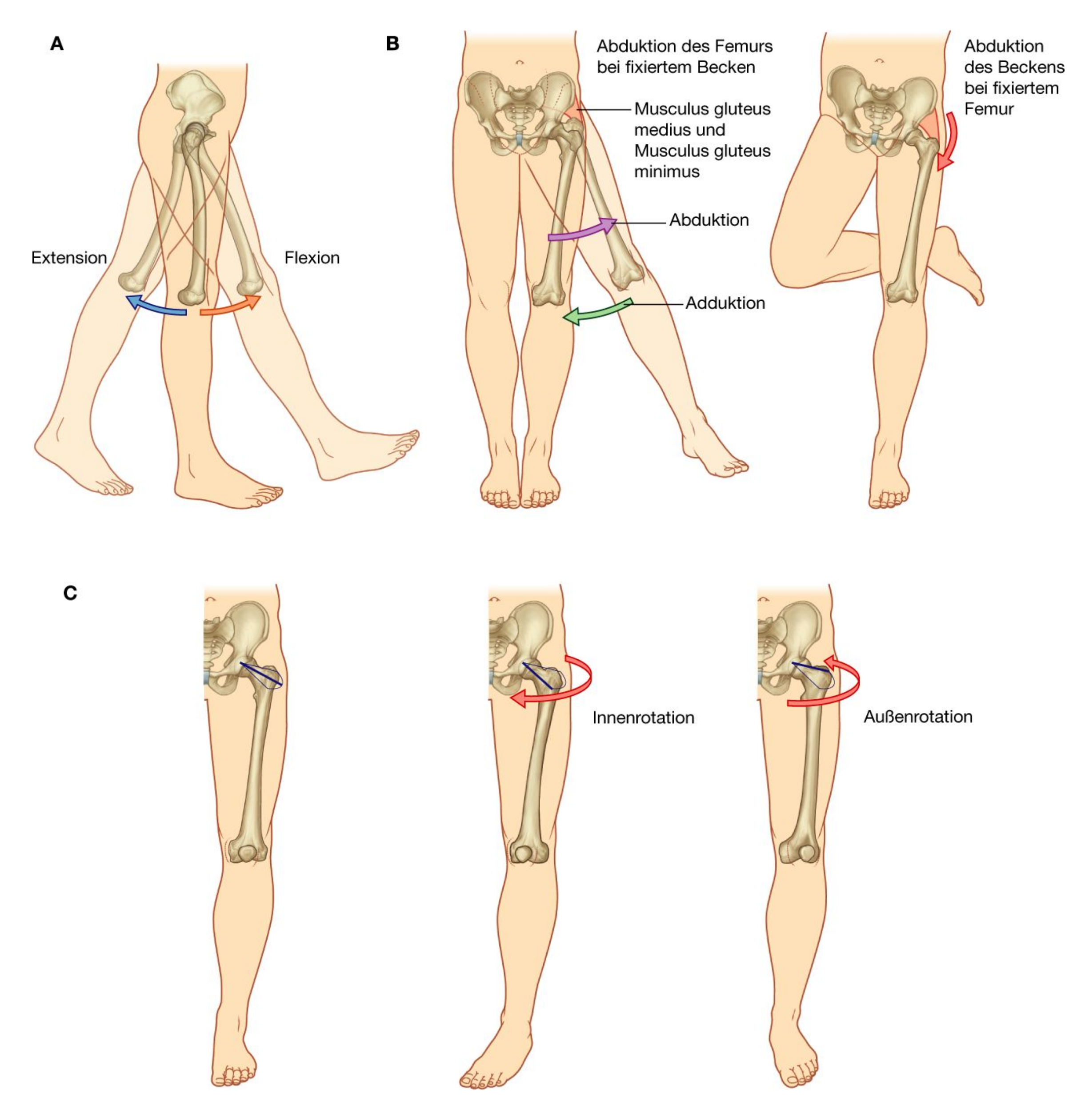
Übergangsbereiche.

Abb. 6.4



Zentrum und Verlauf des Schwerpunkts.

Abb. 6.5



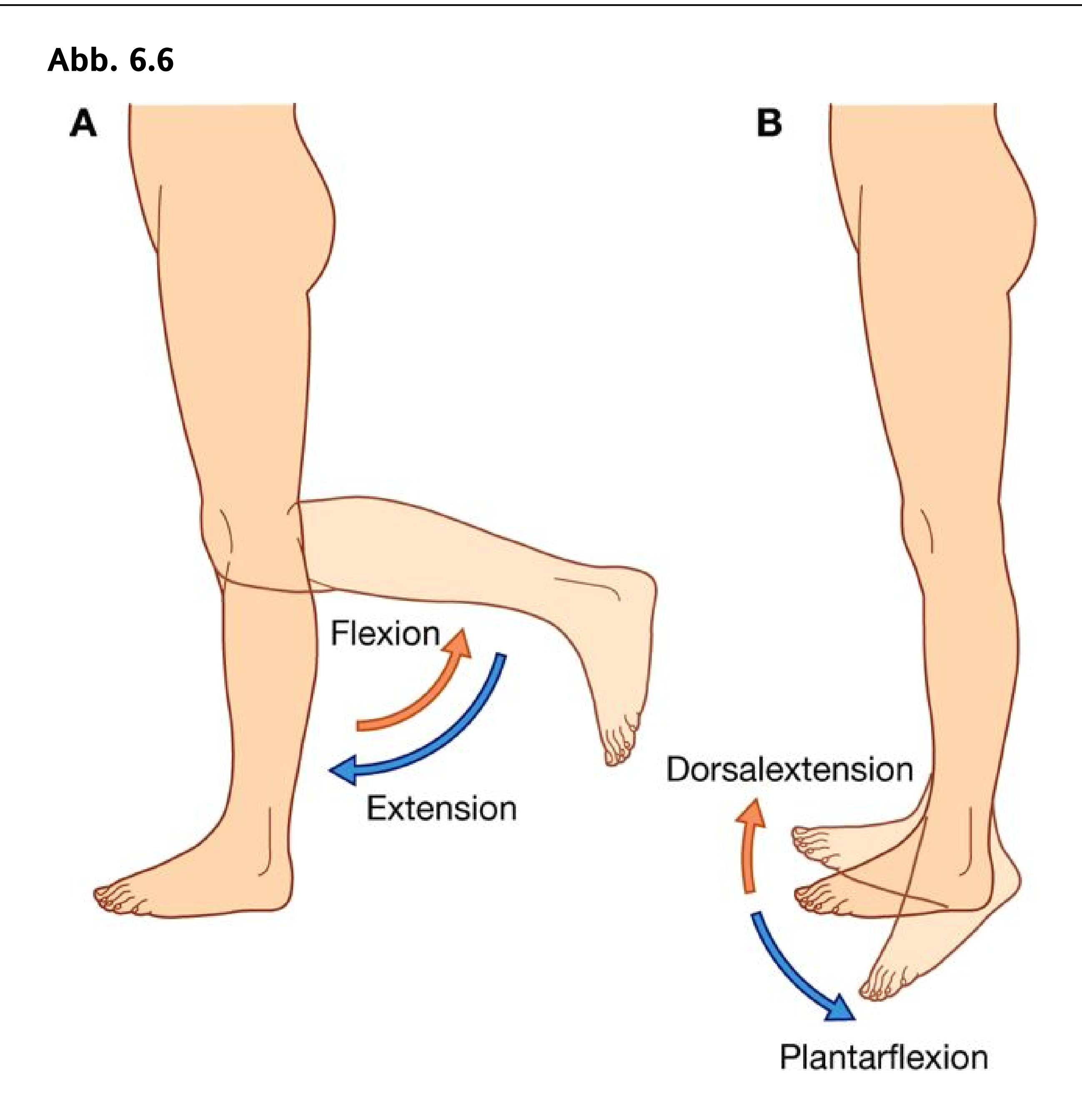
Bewegungen des Hüftgelenks. **A**. Flexion und Extension. **B**. Abduktion und Adduktion. **C**. Außen- und Innenrotation.

488

489

Knie- und Sprunggelenk sind überwiegend Scharniergelenke. Bewegungen des Kniegelenks sind vorwiegend Flexion und Extension (Abb. 6.6A), Bewegungen des Sprunggelenks Dorsalextension (Bewegung des Fußrückens in Richtung Unterschenkel) und Plantarflexion (Abb. 6.6B).

Abb. 6.6



Bewegungen von Knie- und Sprunggelenk. **A**. Knieflexion und extension. **B**. Dorsalextension und Plantarflexion im Sprunggelenk.

Beim Gehen tragen viele anatomische Merkmale dazu bei, Schwankungen des Körperschwerpunkts und somit den Energiebedarf zu reduzieren, der für die Fortbewegung benötigt wird. Das Ergebnis ist ein flüssiges, effizientes Gangbild (Abb. 6.7). Dabei kommt es zu einer Beckenkippung in der Koronarebene, einer Beckenrotation in der Transversalebene, einer Bewegung des Kniegelenks nach medial, einer Flexion der Knie sowie zu komplexen Interaktionen zwischen Hüfte, Knie- und Sprunggelenk. Dadurch schwankt der Körperschwerpunkt beim Gehen normalerweise nur um 5 cm in vertikaler und lateraler Richtung.

BESTANDTEILE

Knochen und Gelenke

Knochen der Glutealregion und des Oberschenkels sind die Beckenknochen und das Femur (Abb. 6.8). Als großes Kugelgelenk liegt das Hüftgelenk zwischen diesen Knochen.

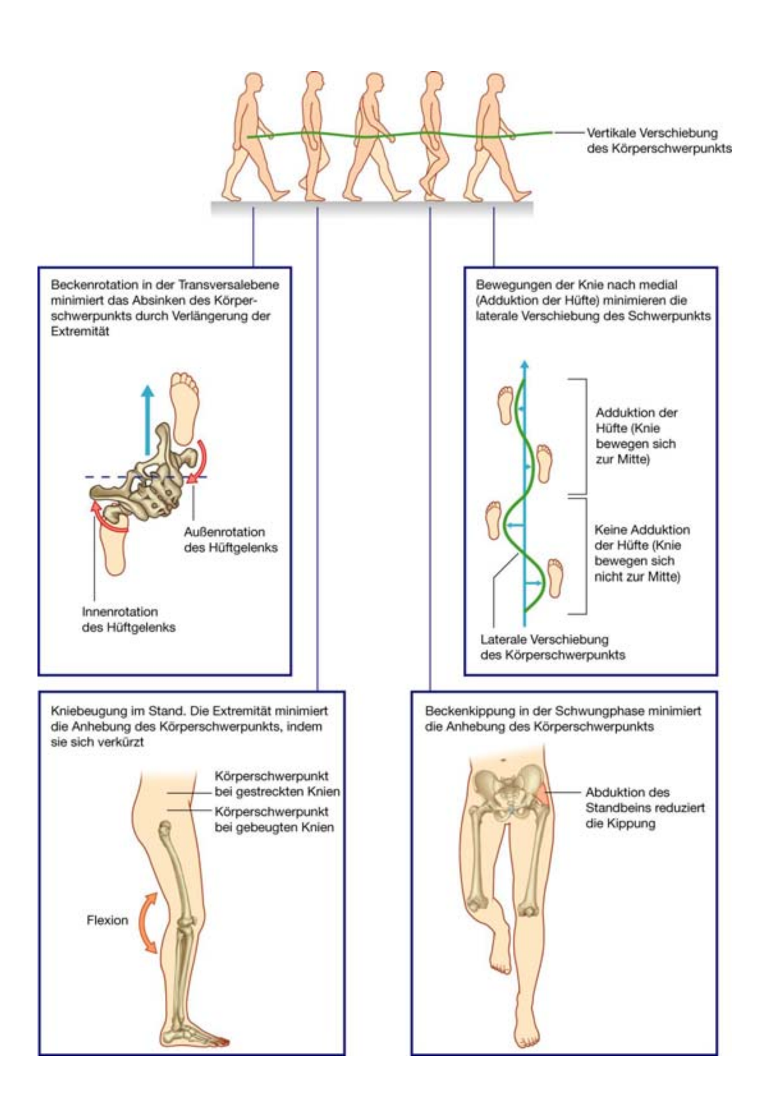
Das Femur ist der Oberschenkelknochen. An seinem distalen Ende befindet sich die gewichttragende Verbindung mit der Tibia. Ventral artikuliert es mit der Patella (Kniescheibe), dem größten Sesambein des Körpers, das in die Sehne des Musculus quadriceps femoris eingebettet ist.

Das Gelenk zwischen Femur und Tibia bildet den Hauptbestandteil des Kniegelenks. Es liegt in einer gemeinsamen Gelenkhöhle mit dem Gelenk zwischen Femur und Patella. Hauptbewegungen des Kniegelenks sind zwar Extension und Flexion, daneben sind jedoch geringfügige Rotationsbewegungen zwischen Femur und Tibia möglich. Diese tragen zur Festigkeit des Kniegelenks in Streckstellung bei, vor allem im Stand.

489

490

Abb. 6.7



Einige Gangmerkmale.

490

Das Unterschenkelskelett besteht aus zwei Knochen:

- Die Tibia liegt medial, ist größer als die lateral liegende Fibula und der gewichttragende Knochen des Unterschenkels
- Die Fibula ist nicht am Kniegelenk beteiligt. Sie bildet den am weitesten lateral liegenden Teil des Sprunggelenks. Proximal bildet sie ein kleines Gelenk (Articulatio tibio-fibularis) mit der Facies articularis fibularis tibiae an der inferolateralen Oberfläche des Tibiakopfes.

Tibia und Fibula sind auf ihrer gesamten Länge im Diaphysenbereich durch die Membrana interossea cruris miteinander verbunden und artikulieren distal in der Syndesmosis tibiofibularis. Zwischen den beiden Knochen ist nahezu keine Bewegung möglich. Die distalen Oberflächen von Tibia und Fibula bilden einen tiefen Recessus. Das Sprunggelenk wird von diesem Recessus (Malleolengabel) und einem der Fußwurzelknochen (Talus) gebildet, der in den Recessus hineinragt. Am stabilsten ist das Sprunggelenk in Dorsalextensionsstellung.

Die Knochen des Fußes umfassen die Fußwurzelknochen (Ossa tarsi; Abb. 6.9), die Mittelfußknochen (Ossa metatarsi) und die Zehen (Phalanges). Es gibt sieben Fußwurzelknochen, die in zwei Reihen angeordnet sind. Eversion und Inversion, also die Drehbewegung der Fußsohle nach innen und außen, erfolgen in den Gelenken der Fußwurzelknochen.

Die Fußwurzelknochen artikulieren mit den Mittelfußknochen (Metatarsalia) in den Tarsometatarsalgelenken, die nur geringe Bewegungen zulassen.

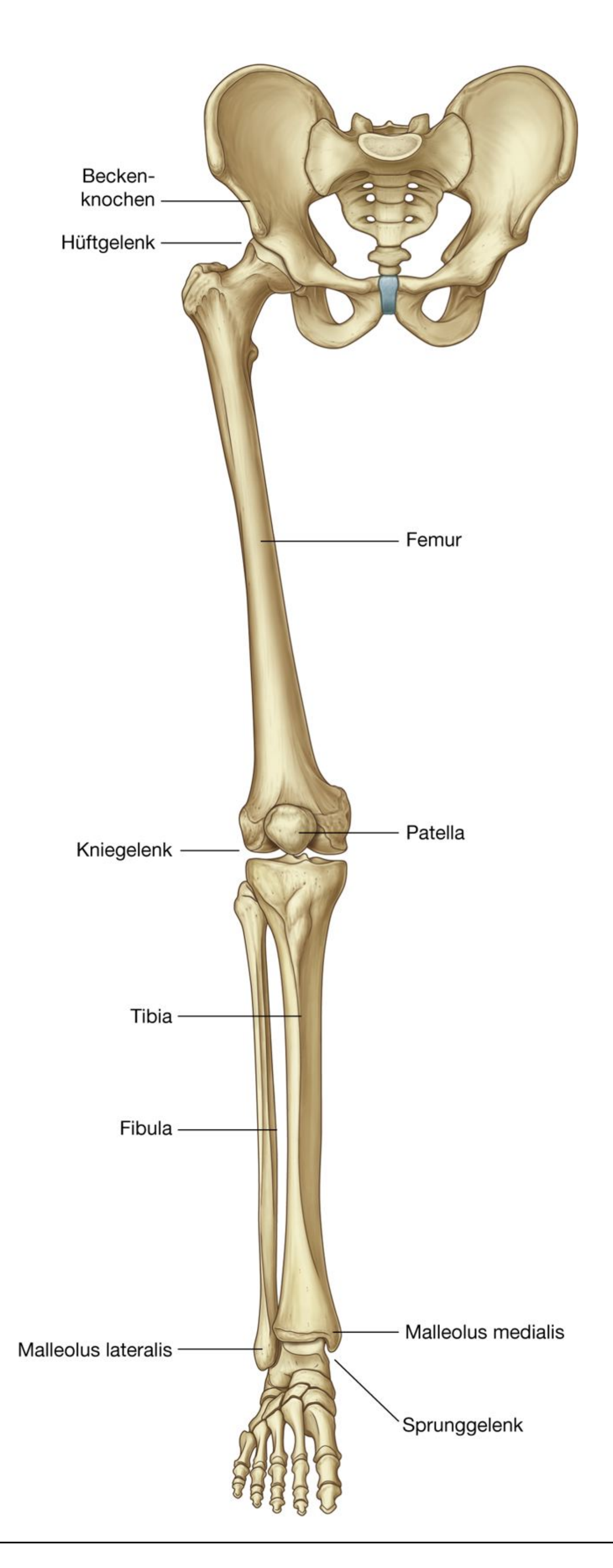
Bewegungen der einzelnen Metatarsalia werden durch die Ligamenta metatarsalia transversa profunda verhindert, die die distalen Köpfe der Knochen im Metatarsophalangealgelenk miteinander verbinden. Jede der fünf Zehen besitzt einen Mittelfußknochen, und jede Zehe besteht mit Ausnahme der 1. Zehe aus drei Phalangen. Die 1. Zehe besitzt nur zwei Phalangen.

In den Metatarsophalangealgelenken sind sowohl Extension und Flexion als auch Abduktion und Adduktion der Zehen möglich. Das Bewegungsausmaß ist aber deutlich geringer als an der Hand.

Die Interphalangealgelenke sind Scharniergelenke und ermöglichen Extension und Flexion.

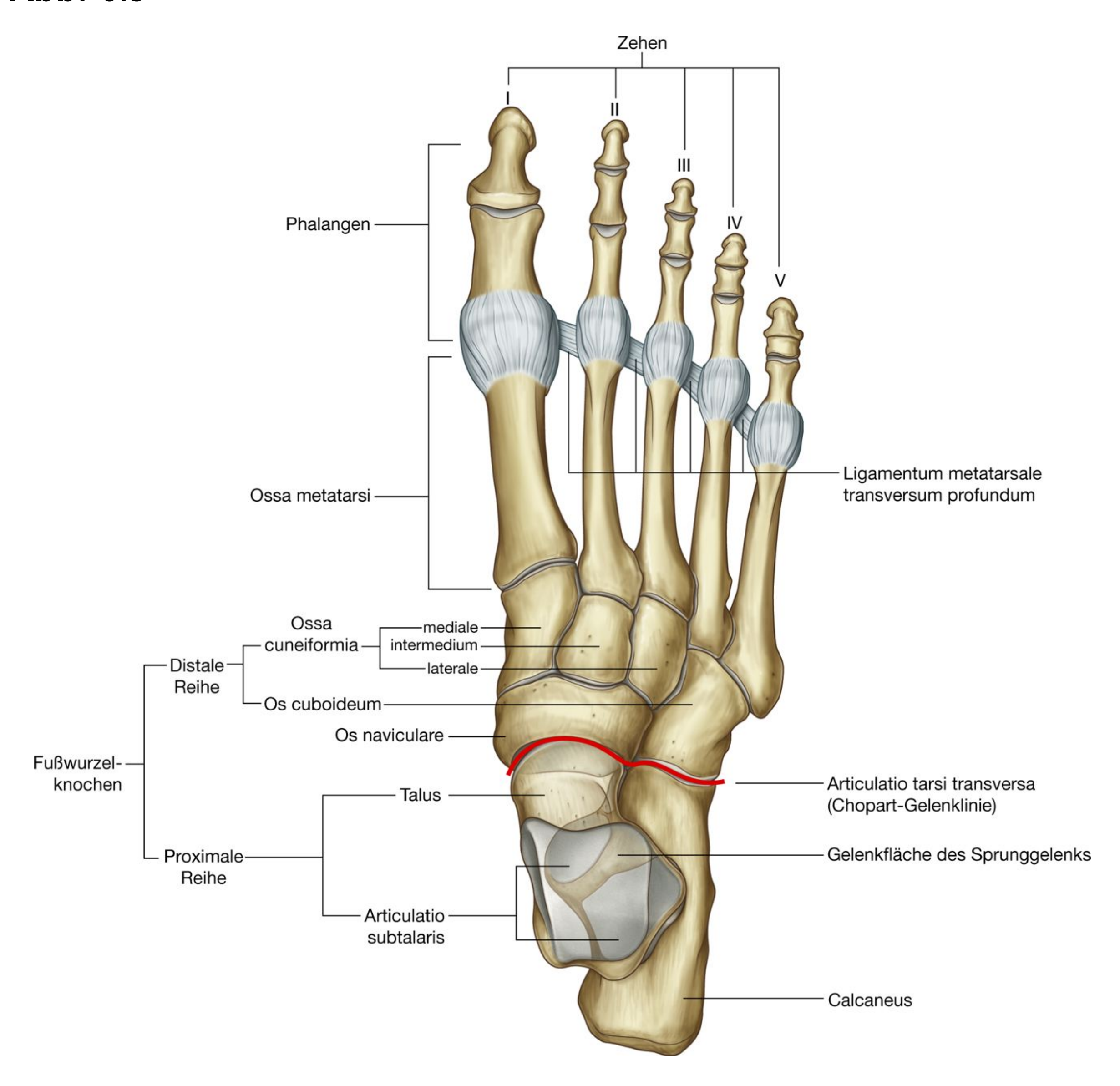
Die Fußknochen liegen nicht in einer Ebene, sodass sie flach auf dem Boden aufliegen, sondern bilden eine Längs- und eine Querwölbung (Abb. 6.10). Die Längswölbung ist am medialen Fußrand am stärksten ausgebildet. Die Wölbungen sind eher flexibel und werden durch Muskeln und Bänder unterstützt, sodass die beim Gehen und Stehen wirkenden Kräfte abgefedert werden.

Abb. 6.8


Becken-
knochen
Hüftgelenk
Femur
Patella
Kniegelenk
Tibia
Fibula
Malleolus medialis
Malleolus lateralis
Sprunggelenk

Knochen und Gelenke der unteren Extremität.

Abb. 6.9



Fußknochen.

Muskulatur

Die Muskulatur der Glutealregion besteht vorwiegend aus Extensoren, Rotatoren und Abduktoren des Hüftgelenks (Abb. 6.11). Außer der Bewegung des Oberschenkels am fixierten Becken steuern diese Muskeln auch die Becken-bewegungen in Relation zur unteren Extremität, die das Körpergewicht trägt (Standbein), während das andere Bein beim Gehen nach vorn schwingt (Spielbein).

Die wichtigsten Flexoren des Hüftgelenks (Musculi iliopsoas, psoas major und iliacus) entspringen nicht in der Glutealregion oder am Oberschenkel. Sie sind an der dorsalen

Bauchwand angeheftet und verlaufen durch die Lacuna musculorum unter dem Leistenband, um am Trochanter minor anzusetzen (Abb. 6.12).

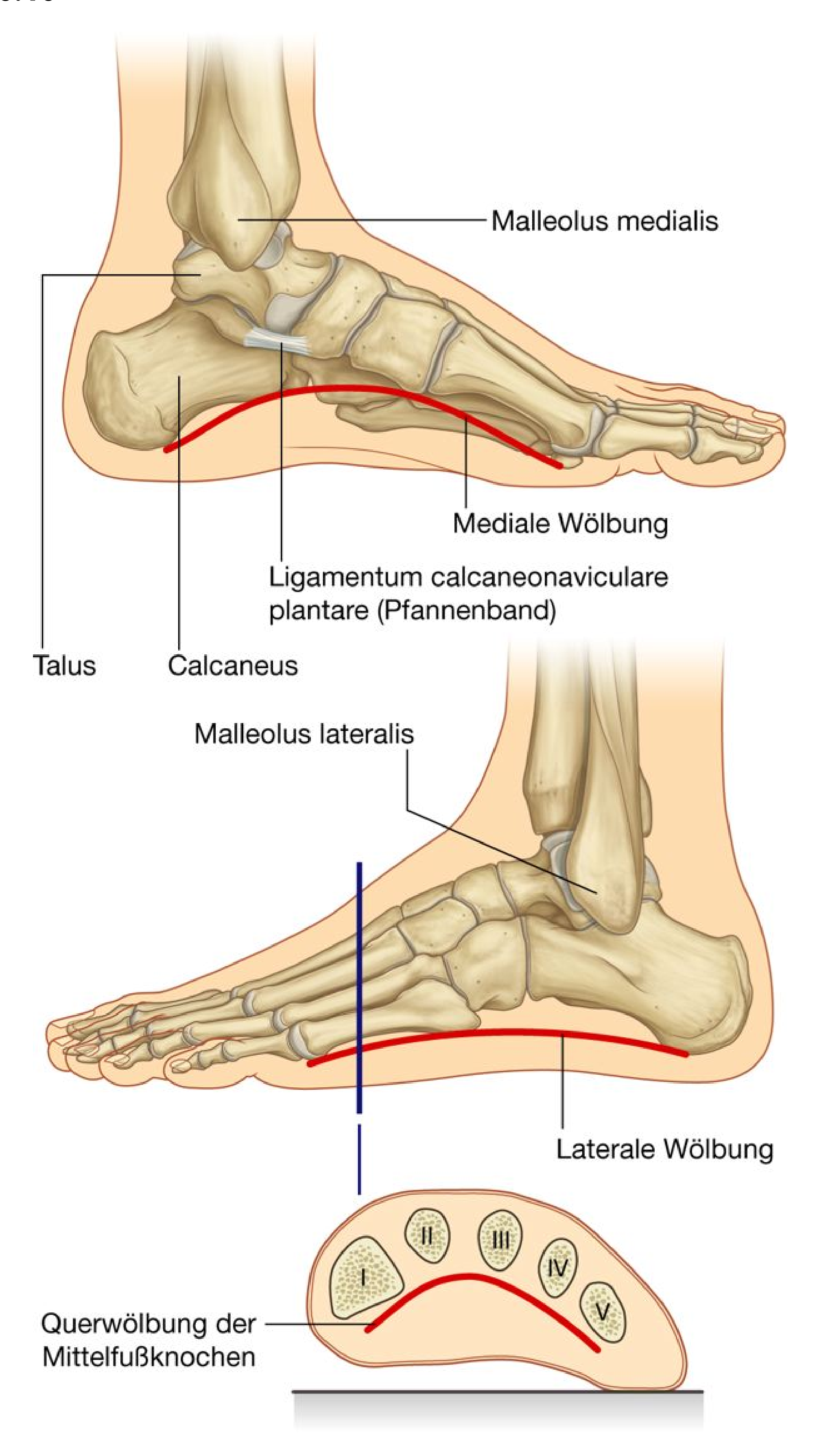
Die Ober- und Unterschenkelmuskeln werden durch Faszien, Knochen und Bänder in drei Muskellogen getrennt (Abb. 6.13).

Am Oberschenkel gibt es eine mediale (Adduktoren), eine ventrale (Extensoren) und eine dorsale (Flexoren) Muskelloge:

- Die meisten Muskeln der medialen Loge wirken vorwiegend am Hüftgelenk.
- Die großen Muskeln der dorsalen Loge (ischiokrurale Muskeln) wirken an der Hüfte (Extension) und am Knie (Flexion), da sie sowohl am Becken als auch an den Knochen des Unterschenkels ansetzen.
- Die Muskeln der ventralen Loge (Musculus quadriceps femoris) strecken vor allem das Kniegelenk.

492
493

Abb. 6.10

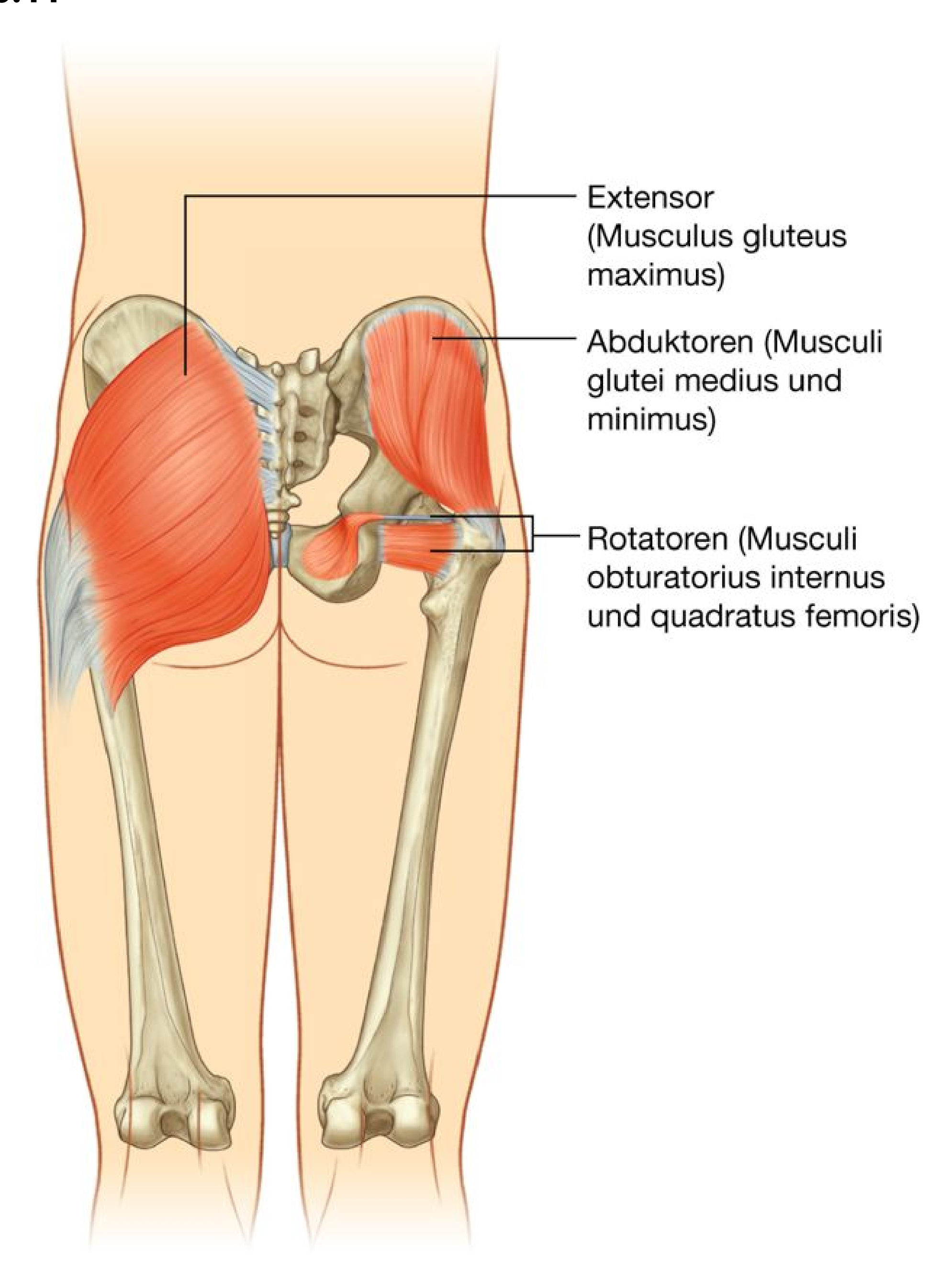


Längs- und Querwölbung des Fußes.

Die Muskeln des Unterschenkels werden in eine laterale (Peroneusgruppe), eine ventrale und eine dorsale Loge eingeteilt:

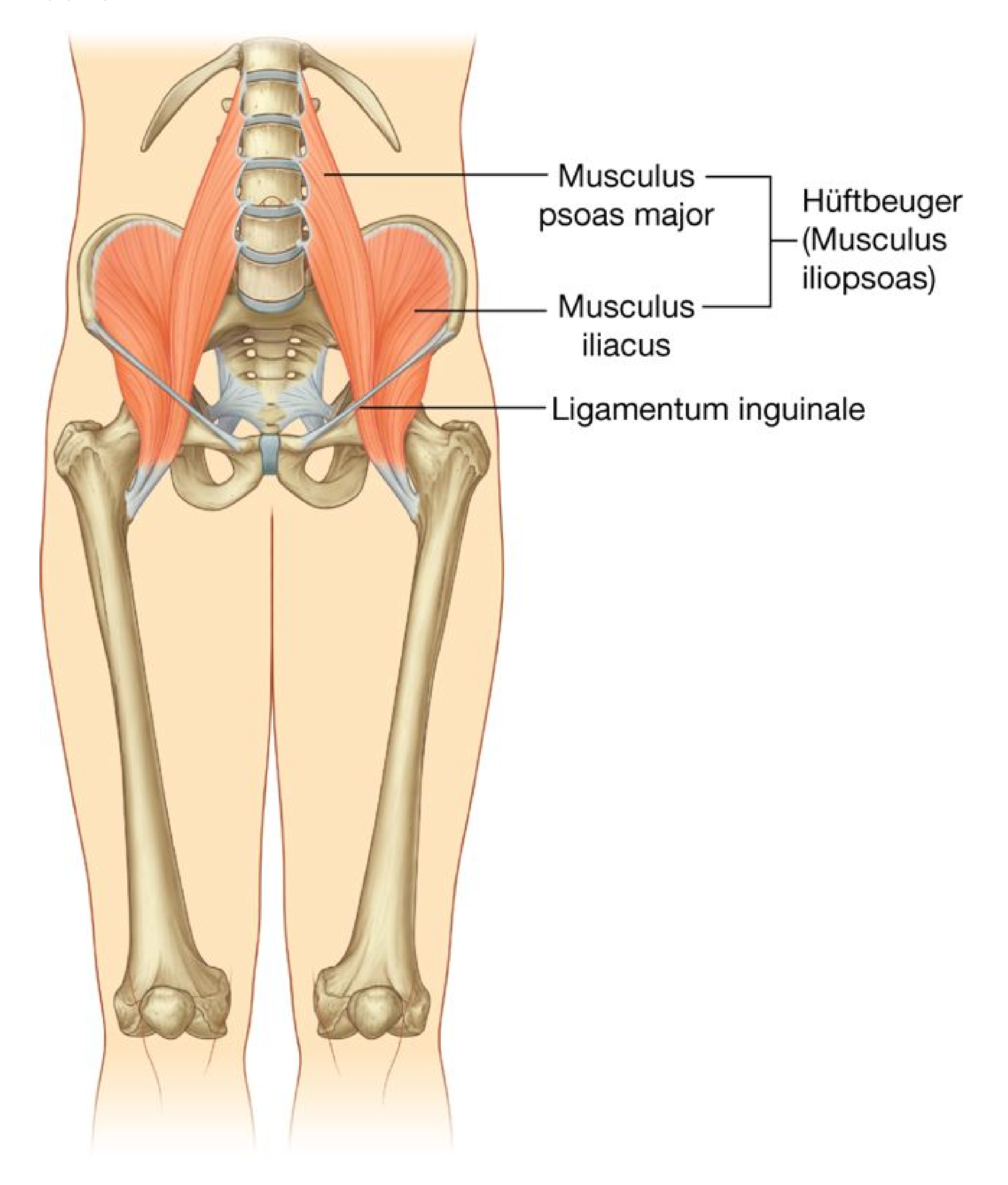
- Die Muskeln der lateralen Loge evertieren vorwiegend den Fuß.
- Die Muskeln der ventralen Loge bewirken die Dorsalflexion des Fußes und die Extension der Zehen.
- Die Muskeln der dorsalen Loge bewirken vor allem eine Plantarflexion am Fuß und eine Flexion der Zehen. Einer der Muskeln kann auch das Knie beugen, da er am Femur ansetzt.

Abb. 6.11



Muskeln der Glutealregion.

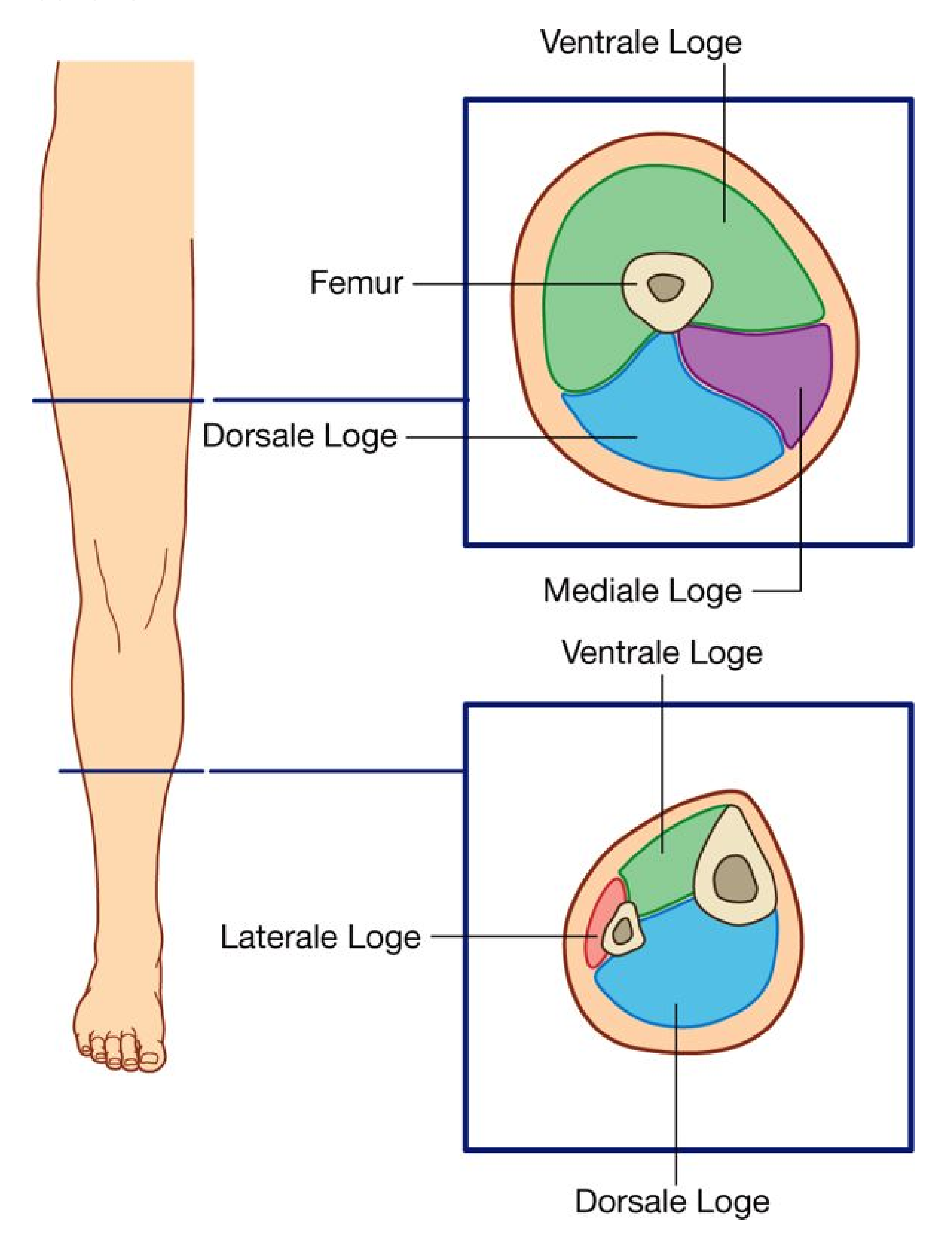
Abb. 6.12



Wichtigste Flexoren der Hüfte.

493

Abb. 6.13



Muskellogen von Oberschenkel und Unterschenkel.

In jeder der drei Logen unterstützen bestimmte Muskeln zudem dynamisch die Fußwölbungen.

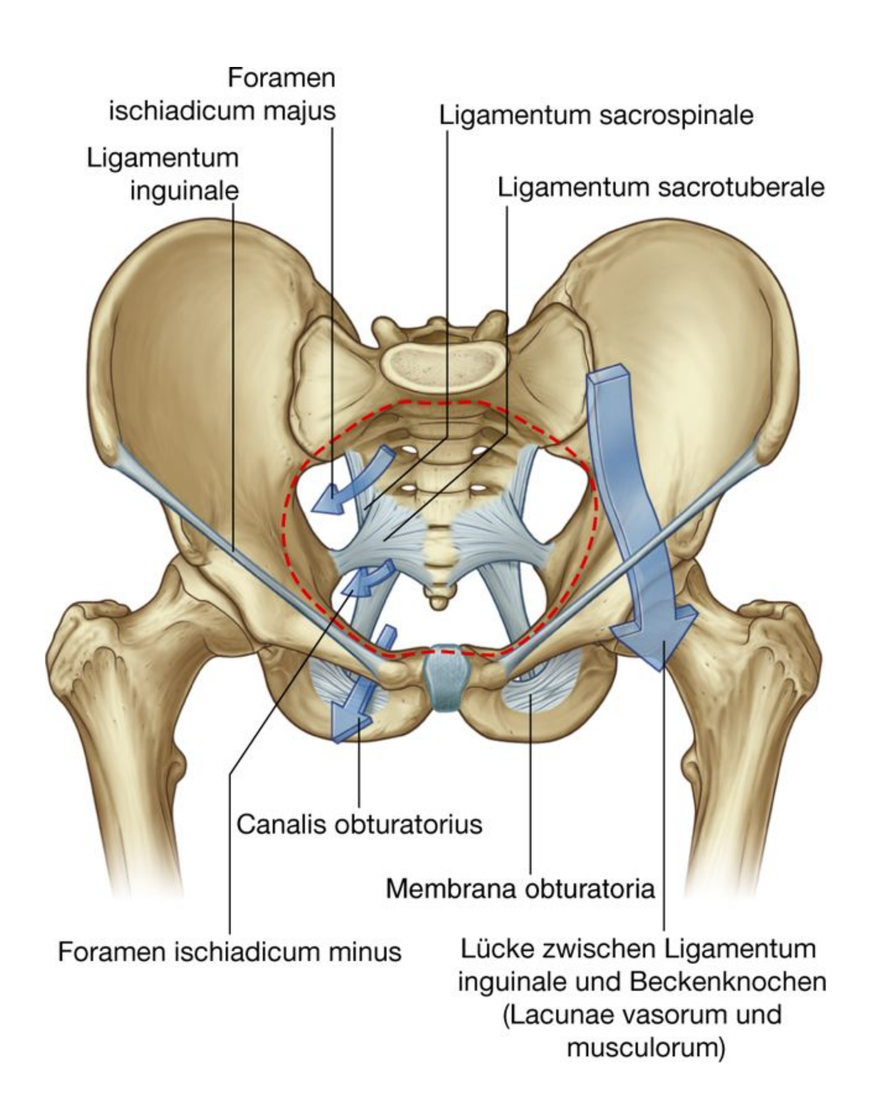
Die Fußmuskeln (intrinsische Muskeln) modifizieren die Kräfte, die durch vom Unterschenkel in den Fuß ziehende Sehnen übertragen werden. Außerdem unterstützen sie die Längswölbung des Fußes beim Gehen, vor allem beim Abdrücken des Standbeins.

BEZIEHUNGEN ZU ANDEREN REGIONEN

Anders als an der oberen Extremität, bei der die meisten Strukturen vom Hals über die Axilla in den Arm gelangen, gibt es an der unteren Extremität vier Haupteingangs- und ausgangswege zwischen Bein und Abdomen, Becken und Perineum (Abb. 6.14):

- die Öffnung zwischen Ligamentum inguinale und Beckenknochen (bestehend aus Lacuna vasorum und Lacuna musculorum)
- Foramen ischiadicum majus
- Canalis obturatorius (im oberen Bereich des Foramen obturatum)
- Foramen ischiadicum minus.

Abb. 6.14



Öffnungen zwischen der unteren Extremität und anderen Regionen.

Abdomen

Die untere Extremität kommuniziert mit dem Abdomen durch eine Lücke zwischen dem Beckenknochen und dem Ligamentum inguinale (Abb. 6.14). Durch diese Lücke verlaufen:

- Muskeln: Musculus psoas major, Musculus iliacus und Musculus pectineus
- Nerven: Nervus femoralis, Ramus femoralis des Nervus genitofemoralis und Nervus cutaneus femoris lateralis
- Blutgefäße: Arteria und Vena femoralis
- Lymphgefäße.

Die Lücke wird durch Bindegewebe in eine laterale Lacuna musculorum und eine mediale Lacuna vasorum unterteilt.

Die Lacuna vasorum zwischen Beckenknochen und Ligamentum inguinale ist ein muskelschwaches Areal in der Bauchwand.hier können abnorme Vorwölbungen der Bauchhöhlenwand und deren Inhalt in den Oberschenkel auftreten (Hernia femoralis). Femoralhernien kommen an der Stelle vor, an der die Lymphgefäße durch die Lacuna vasorum treten. Bei einer Femoralhernie erweitert sich der Anulus femoralis zum Canalis femoralis.

494

495

Becken

Strukturen des Beckens kommunizieren durch zwei große Öffnungen mit der unteren Extremiät (Abb. 6.14).

Über das Foramen ischiadicum majus kommunizieren dorsal mit der Glutealregion:

- ein Muskel: Musculus piriformis
- Nerven: Nervi ischiadicus, gluteus superior, gluteus inferior und pudendus
- Gefäße: Arteria und Vena glutea superior, Arteria und Vena glutea inferior und Arteria pudenda interna.

Der Nervus ischiadicus ist der größte periphere Nerv des Körpers und der Hauptnerv der unteren Extremität.

Ventral verlaufen der Nervus obturatorius und die Gefäße zwischen Becken und Oberschenkel durch den Canalis obturatorius. Der Kanal liegt zwischen dem Knochen am Oberrand des Foramen obturatum und der Membrana obturatoria, die das Foramen obturatum größtenteils verschließt.

Perineum

Strukturen, die zwischen dem Perineum und der Glutealregion verlaufen, treten durch das Foramen ischiadicum minus (Abb. 6.14). Die wichtigste Struktur für die untere Extremität ist die Sehne des Musculus obturatorius internus.

Der Nerv und die Arterie des Perineums (Arteria pudenda interna und Nervus pudendus) verlassen das Becken durch das Foramen ischiadicum majus. Anschließend treten sie in die Glutealregion ein und verlaufen um die Spina ischiadica und das Ligamentum sacrospinale durch das Foramen ischi-adicum minus zum Perineum.

BESONDERHEITEN

Innervation durch lumbale und sakrale Spinalnerven

Motorische und sensible Innervation der unteren Extremität erfolgen über periphere Nerven, die an der dorsalen Bauch- und Beckenwand aus dem Plexus lumbalis und dem Plexus sacralis hervorgehen. Diese beiden Nervengeflechte werden von Rami anteriores aus L1 – L3 und einen Großteil von L4 (Plexus lumbalis) bzw. L4 – S5 (Plexus sacralis) gebildet.

Die Nerven, die aus dem Plexus lumbalis und dem Plexus sacralis in die untere Extremität ziehen, führen Fasern der Spinalnerven L1 – S3 (Abb. 6.15). Nerven der unteren Sakralsegmente innervieren das Perineum. Die Nerven verlassen das Abdomen und das Becken durch mehrere Öffnungen und Foramina und treten in die untere Extremität über. *Durch diese Innervation können die Lumbalnerven und die oberen Sakralnerven mittels einer Untersuchung der unteren Extremität getestet werden. Außerdem treten klinische Symptome (wie Schmerzen, Parästhesien, Muskelfaszikulationen), die durch Schädigungen dieser Nervensegmente hervorgerufen werden (beispielsweise durch einen Bandscheibenvorfall in der Lumbalregion), in der unteren Extremität auf.*

Die Dermatome der unteren Extremität werden in Abb. 6.16 gezeigt. Areale zur Testung der Sensibilität, die als autonom gelten (also wenig Überlappung aufweisen), befinden sich

- über dem Ligamentum inguinale – L1
- am lateralen Oberschenkel – L2
- am unteren medialen Oberschenkel – L3
- lateral an der Großzehe (Digitus I) – L4
- lateral am Digitus II – L5
- an der Kleinzehe (Digitus V) – S1
- an der Oberschenkelrückseite – S2
- an der Haut über der Gesäßfalte – S3.

Die Dermatome S4 und S5 werden am Perineum getestet.

Zur Testung der Myotome werden bestimmte Gelenkbewegungen herangezogen (Abb. 6.17). Beispielsweise erfolgen

- die Flexion der Hüfte vorwiegend über L1 und L2
- die Extension der Knie über L3 und L4
- die Knieflexion hauptsächlich über L5 – S2
- die Plantarflexion des Fußes vor allem über S1 und S2
- die Adduktion der Zehen über S2 und S3.

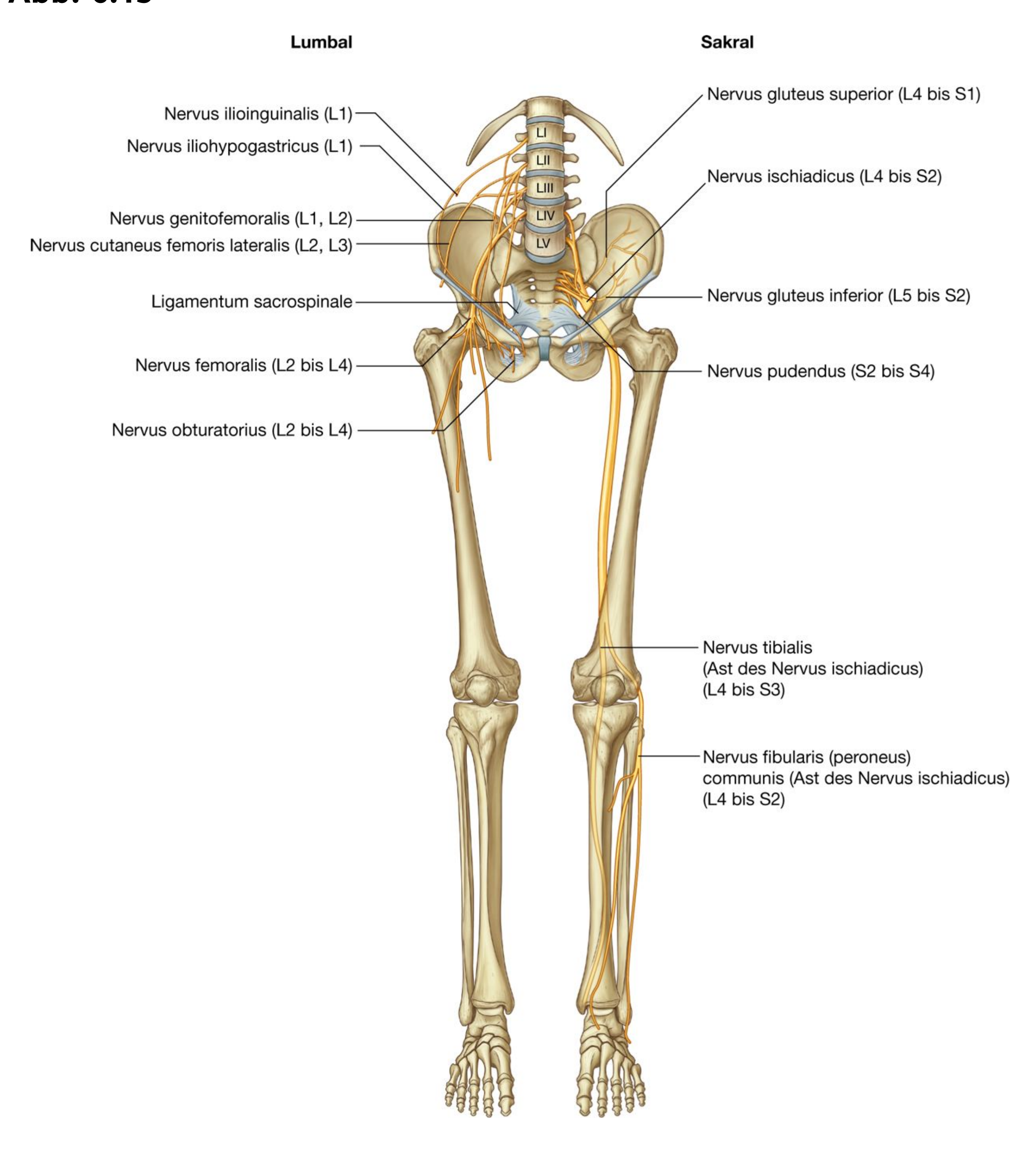
Bei einem bewusstlosen Patienten können sowohl sensible als auch motorische Funktionen der Spinalnerven durch Sehnenreflexe (Kennreflex) getestet werden:

- durch Beklopfen der Patellarsehne am Knie vorwiegend L3 und L4
- durch Beklopfen der Achillessehne vorwiegend S1 und S2.

Die großen Muskelgruppen und Kompartimente der unteren Extremität werden jeweils von einem oder mehreren Nerven des Plexus lumbalis und des Plexus sacralis innerviert (Abb. 6.18):

- Große Muskeln der Glutealregion werden vom Nervus gluteus superior oder vom Nervus gluteus inferior innerviert.
- Die meisten Muskeln der ventralen Oberschenkelloge werden vom Nervus femoralis innerviert. (Eine Ausnahme bildet der Musculus tensor fasciae latae, der vom Nervus gluteus superior innerviert wird.)
- Die meisten Muskeln der medialen Loge (Adduktoren) werden vom Nervus obturatorius innerviert (mit Ausnahme des Musculus pectineus, der vom Nervus femoralis innerviert wird, und von Teilen des Musculus adductor magnus, die vom Nervus tibialis des Nervus ischiadicus innerviert werden).
- Die meisten Muskeln der dorsalen Muskelloge des Ober- und Unterschenkels und der Fußsohle werden vom Nervus tibialis aus dem Nervus ischiadicus innerviert (mit Ausnahme des Caput breve des Musculus biceps femoris, das durch den Nervus fibularis (peroneus) communis des Nervus ischiadicus innerviert wird). 495 496
- Die ventrale und die laterale Loge des Unterschenkels und die Muskeln der Streckseite des Fußes werden vom Nervus fibularis (peroneus) communis des Nervus ischiadicus innerviert.

Abb. 6.15



Innervation der unteren Extremität.

Außer der Innervation der Muskulatur leitet jeder periphere Nerv aus dem Plexus lumbalis und dem Plexus sacralis sensible Informationen von Hautarealen (Abb. 6.19). Die Sensibilität dieser Bereiche kann zur Diagnostik peripherer Nervenläsionen eingesetzt werden:

- Der Nervus femoralis innerviert die Haut am ventralen Oberschenkel, am medialen Unterschenkel und am medialen Knöchel.

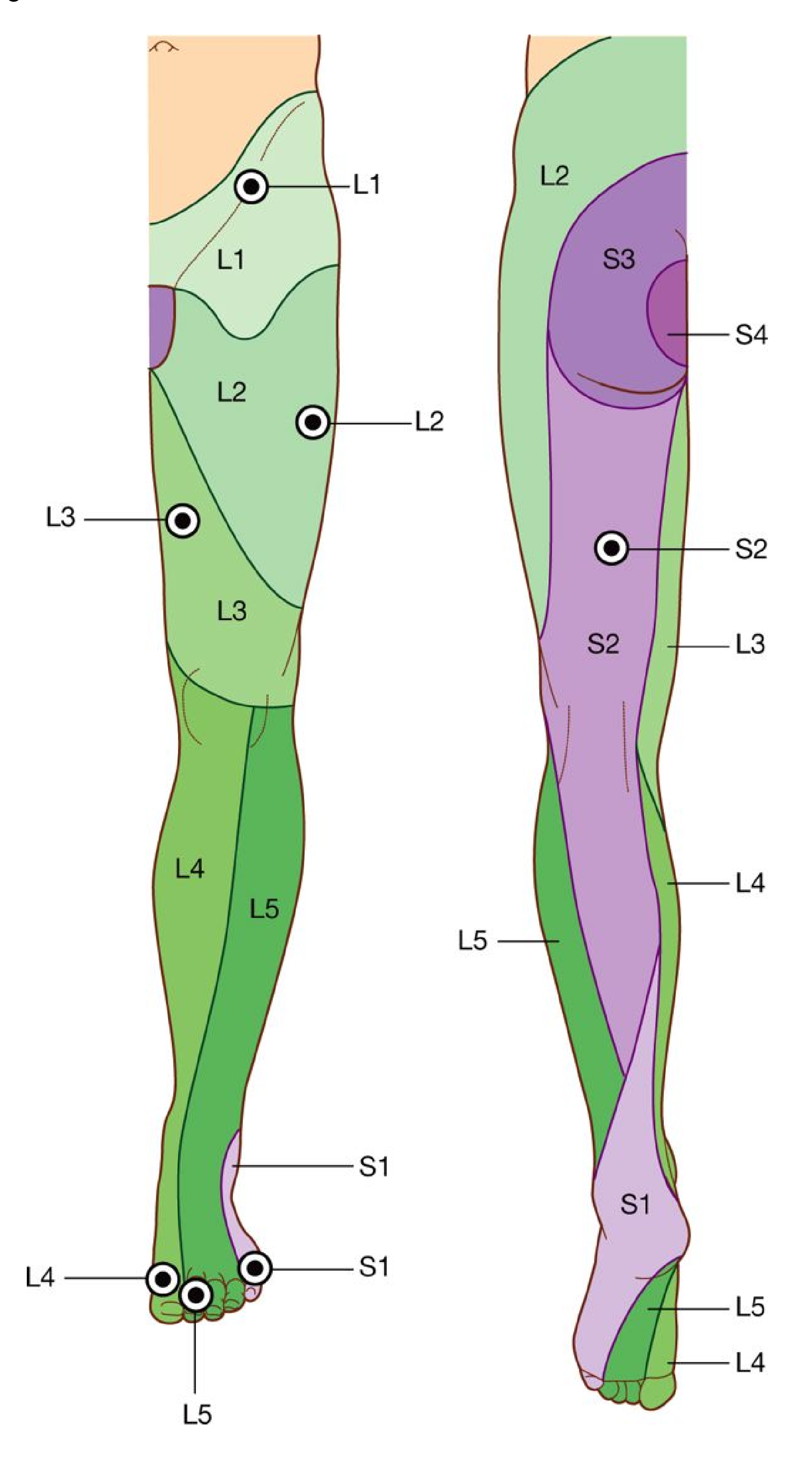
496

497

- Der Nervus obturatorius innerviert die mediale Seite des Oberschenkels.
- Der Nervus tibialis innerviert die laterale Seite von Knöchel und Fuß.

- Der Nervus fibularis (peroneus) communis innerviert die laterale Seite des Unterschenkels und die Streckseite des Fußes.

Abb. 6.16

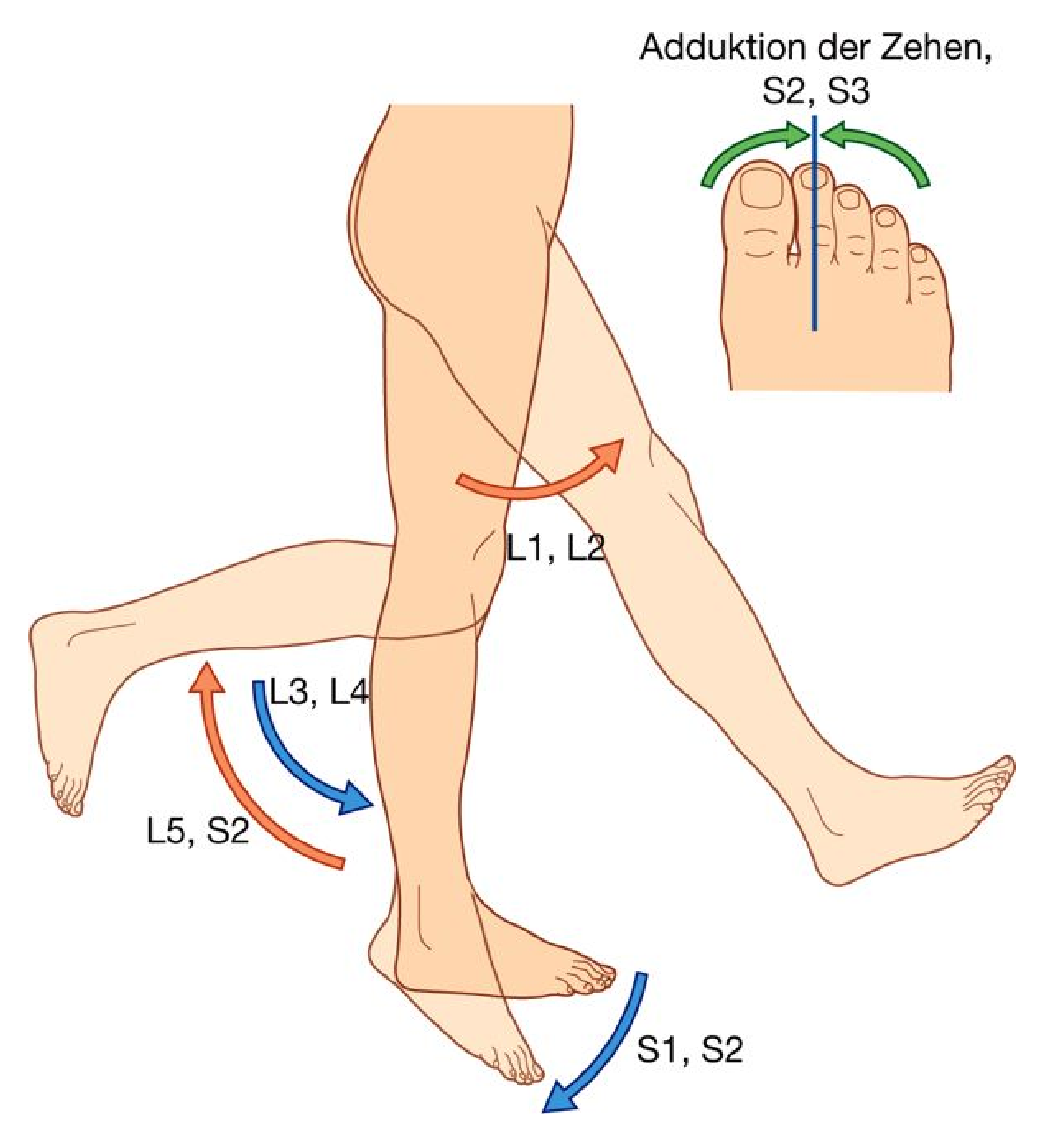


Dermatome der unteren Extremität.

Nerven mit Bezug zum Knochen

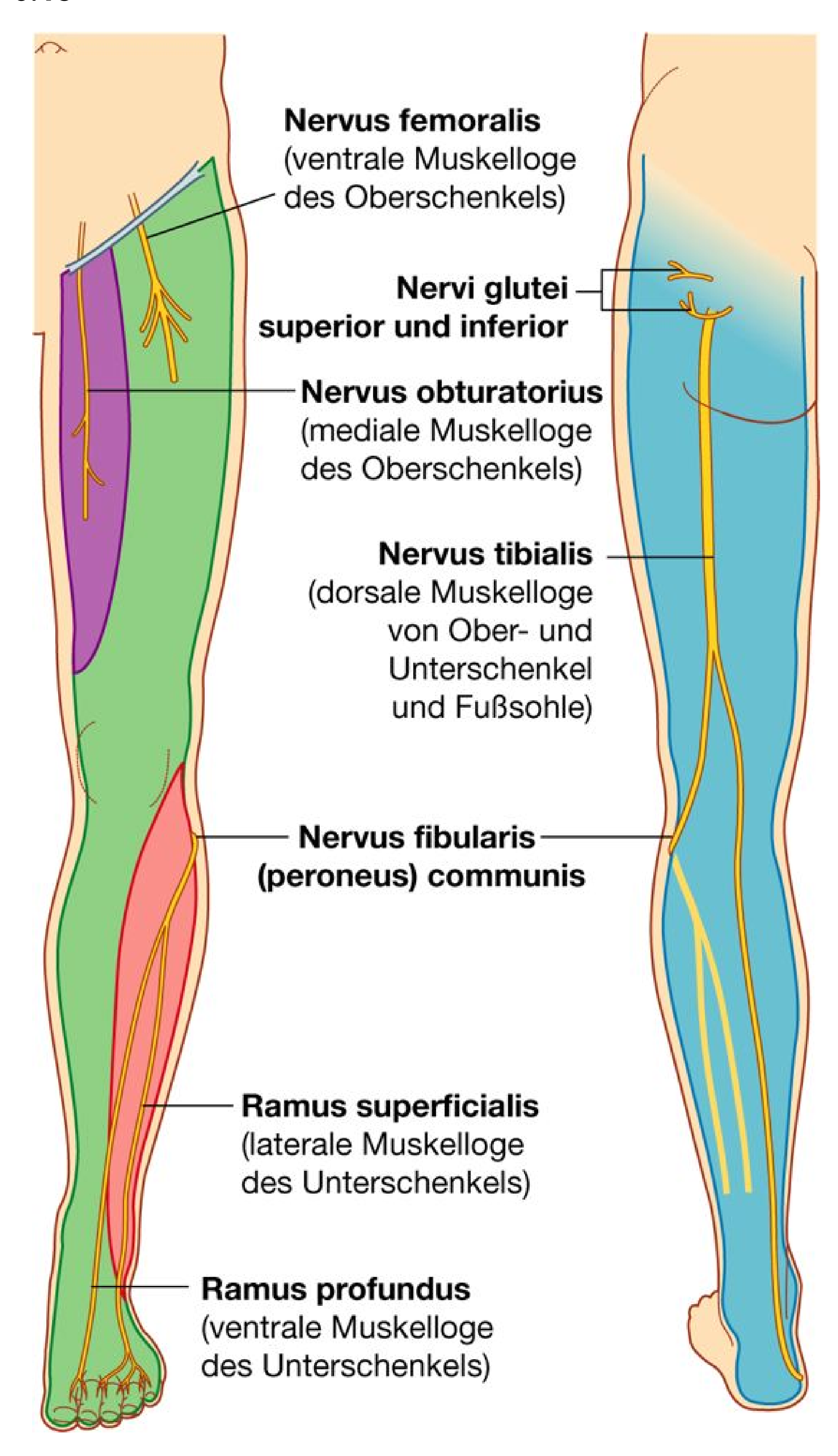
Der Nervus fibularis (peroneus) communis verläuft aus der Fossa poplitea lateral um den Hals der Fibula (Collum fibulae) in den Unterschenkel (Abb. 6.20). Er lässt sich distal der Ansatzstelle des Musculus biceps femoris am Fibulakopf (Caput fibulae) gegen den Knochen palpieren. Hier kann der Nerv bei Knochenfrakturen, Anprallverletzungen oder zu hoch angelegten Gipsschienen geschädigt werden.

Abb. 6.17



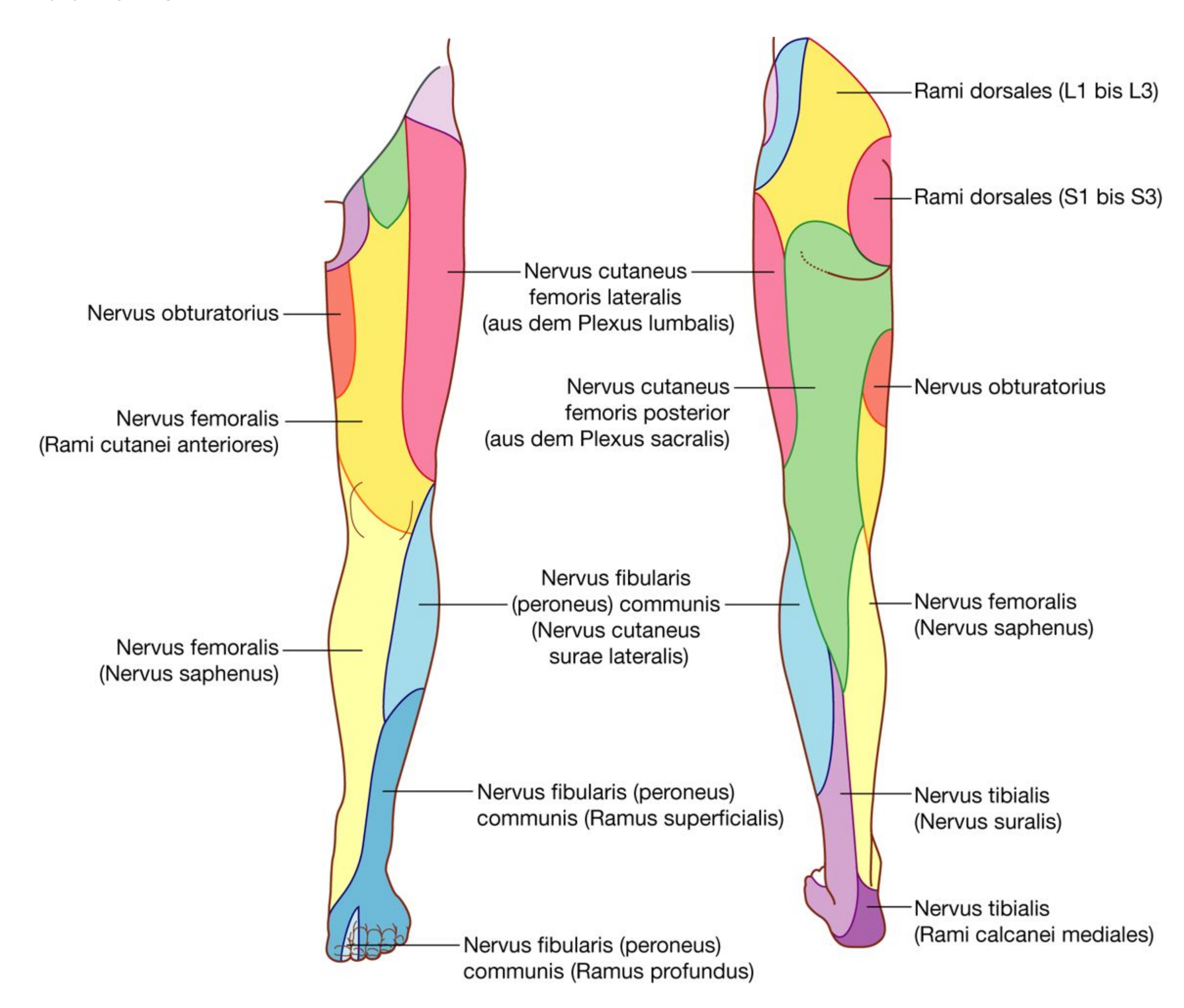
Bewegungen, die durch Myotome erzeugt werden.

Abb. 6.18



Hauptnerven der unteren Extremität.

Abb. 6.19



Innervation von Hautregionen durch periphere Nerven.

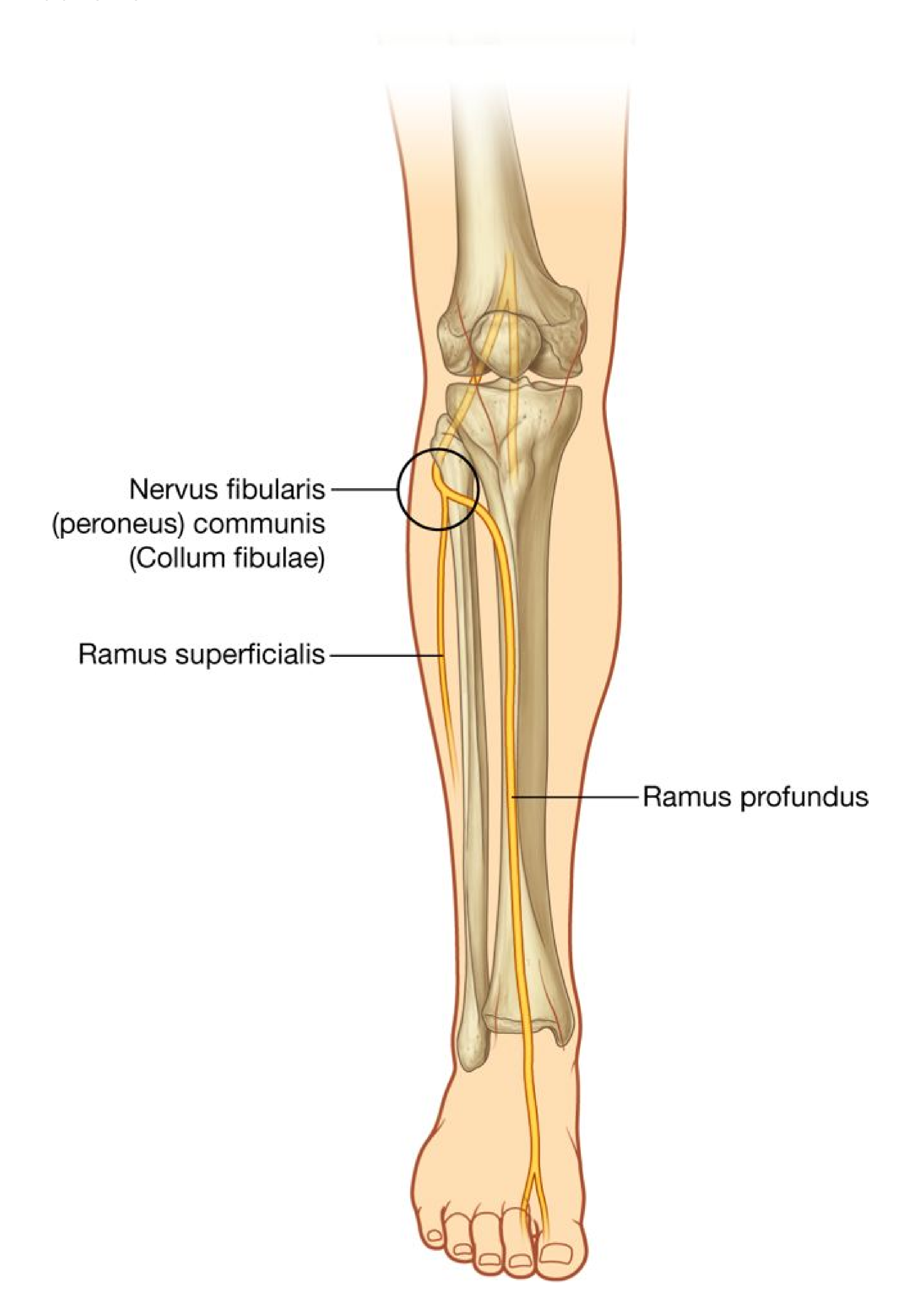
Oberflächliche Venen

Die großen subkutanen (oberflächlichen) Venen der unteren Extremität (Abb. 6.21) können erweitert sein (Varikose). Außerdem können sie als Venentransplantate (z.B. bei Bypass-operationen am Herzen) genutzt werden.

Die wichtigsten oberflächlichen Venen sind die Vena saphena magna und die Vena saphena parva, die von der medialen bzw. lateralen Seite des Arcus venosus dorsalis pedis entspringen.

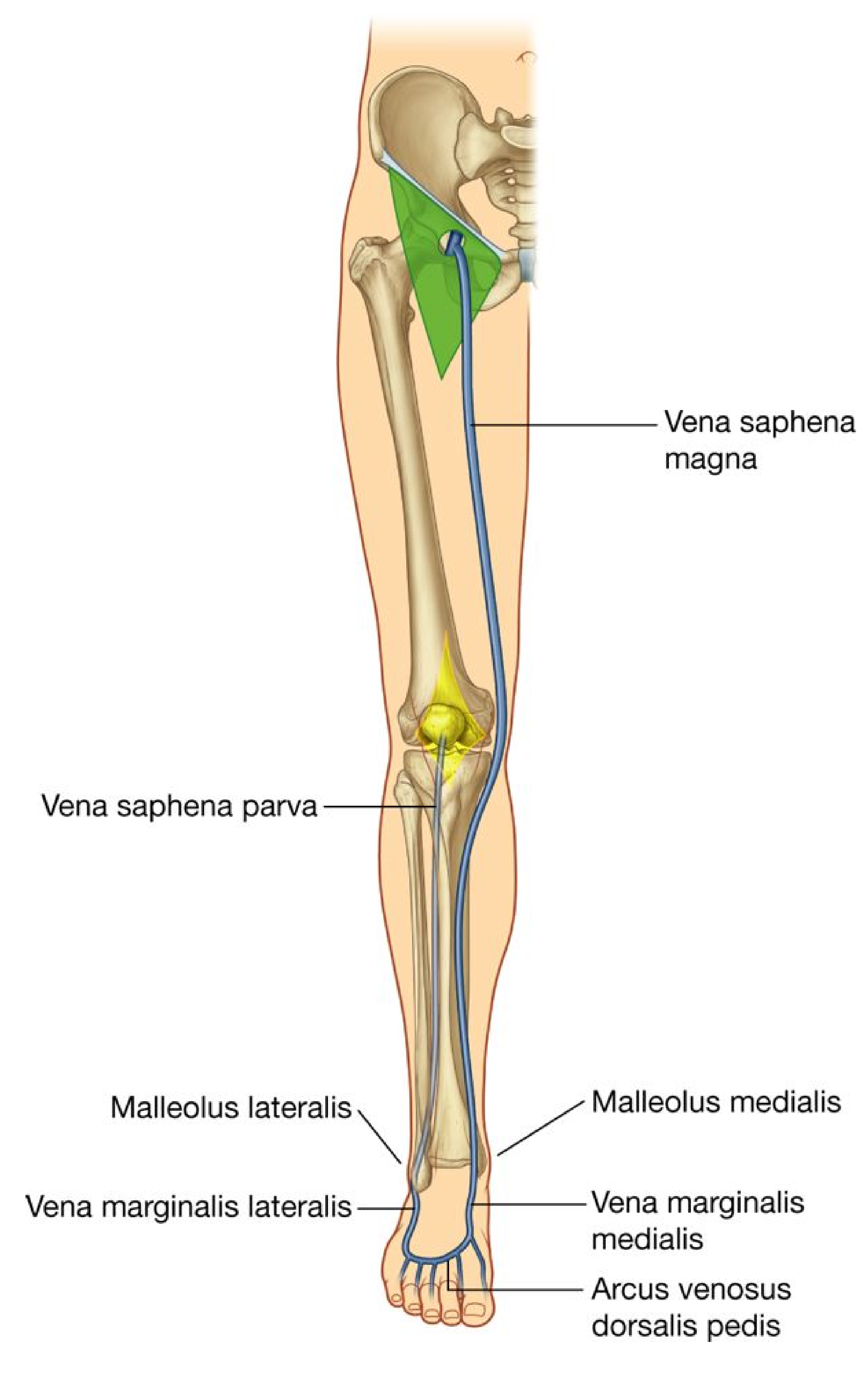
- Die Vena saphena magna verläuft an der medialen Seite von Unterschenkel, Knie und Oberschenkel und tritt dann durch eine Öffnung in der Oberschenkelfaszie (Hiatus saphenus), die das Trigonum femorale bedeckt, um in die Vena femoralis zu drainieren.
- Die Vena saphena parva verläuft hinter dem Malleolus lateralis (Außenknöchel) und entlang der Rückseite des Unterschenkels zur Kniekehle. Hier tritt sie durch die Faszie und mündet in die Vena poplitea.

Abb. 6.20



Nerven mit Bezug zum Knochen.

Abb. 6.21



Oberflächliche Venen.

500

Topographie

ÜBERGANG VON ABDOMEN UND BECKEN ZUR UNTEREN EXTREMITÄT

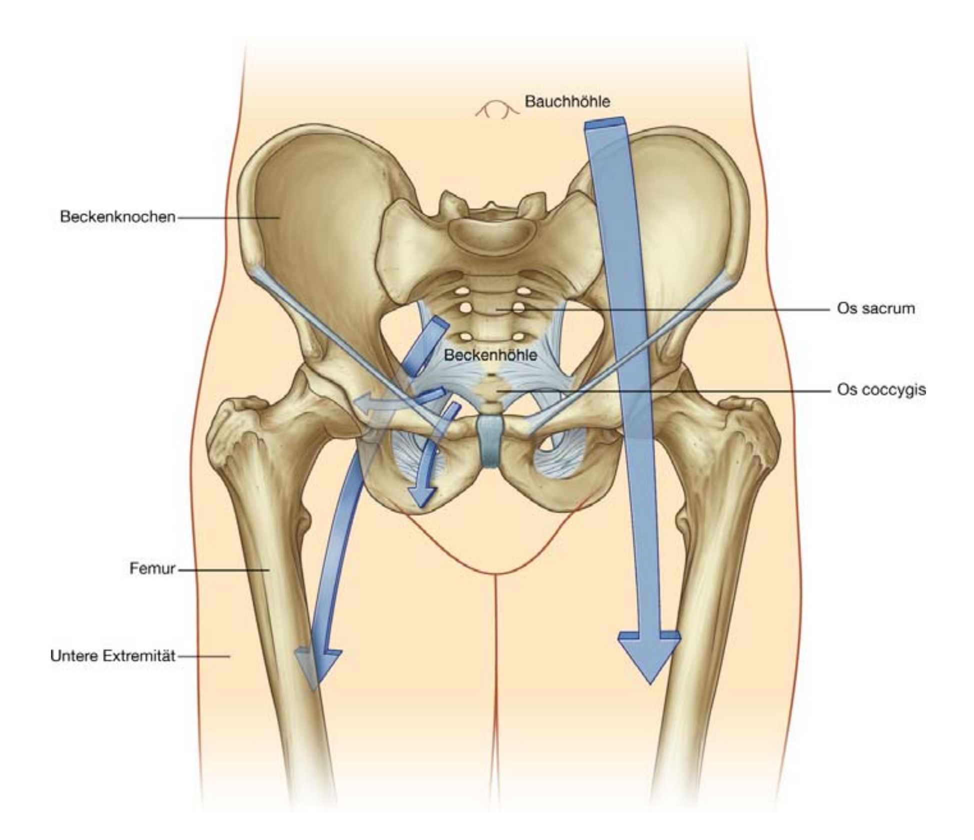
Jede der beiden unteren Extremitäten liegt der Außenfläche des Beckens und dem unteren Ende der Bauchwand an. Die terminalen Nerven, die die untere Extremität innervieren, entspringen aus dem Plexus lumbosacralis in Becken und Abdomen, ebenso die Gefäße zur Versorgung der unteren Extremität.

Daher ziehen die Nerven und Gefäße vom Rumpf durch zahlreiche Öffnungen in der Beckenwand oder ventral über den Oberrand des Beckens unterhalb der Anheftung der Bauchwand am Leistenband (Ligamentum inguinale; Abb. 6.22).

Hier unterscheidet sich die untere von der oberen Extremität, an der die Strukturen vom Hals überwiegend durch den axillären Zugang in den Arm gelangen, der zwischen 1. Rippe, Clavicula und dem Oberrand der Scapula liegt, und wo der Plexus brachialis, aus dem die meisten Nerven der oberen Extremität abgehen, schon im proximalen Anteil der Extremität liegt.

Skelettelemente, die die untere Extremität am Rumpf befestigen, sind das knöcherne Becken und das proximale Femurende. Das Gelenk zwischen diesen beiden Knochen ist das Hüftgelenk (Articulatio coxae).

Abb. 6.22



Übergang von Abdomen und Becken zur unteren Extremität.

500

Knöchernes Becken

Die äußeren Oberflächen der Beckenknochen (Ossa coxae), des Os sacrum und des Os coccygis sind die Regionen des Beckens, die mit der unteren Extremität assoziiert sind, obwohl einige Muskeln auch von den inneren Oberflächen dieser Knochen und den tiefen Oberflächen der Lendenwirbel entspringen (Abb. 6.23).

Ein Os coxae setzt sich aus drei Anteilen (Os ilium, Os ischii, Os pubis) zusammen, die im Laufe der Kindheit im Bereich der Y-Fuge miteinander verschmelzen. Das **Os ilium** liegt kranial, das **Os pubis** liegt anterior und kaudal, und das **Os ischii** liegt anterior und kaudal.

Das Os ilium steht mit dem Os sacrum über ein echtes, aber äußerst festes Gelenk (Amphiarthrose) in Kontakt (Articulatio iliosacralis; Iliosakralgelenk). Außerdem ist das Os coxae mit dem Ende der Wirbelsäule (Os sacrum und Os coccygis) durch die Ligamenta sacrotuberale und sacrospinale verbunden, die am Tuber ischiadicum und an der Spina ischiadica ansetzen.

Die äußere Oberfläche des Os ilium und die angrenzenden Oberflächen von Os sacrum und Os coccygis sowie das Ligamentum sacrotuberale sind mit der Glutealregion der unteren Extremität assoziiert und bieten eine große Ansatzfläche für die Muskulatur. Das Tuber ischiadicum dient zahlreichen Muskeln der dorsalen Oberschenkelloge als Ansatzpunkt (ischiokrurale Muskulatur). Der Ramus ossis ischii und das Os pubis sind vorwiegend mit der Muskulatur der medialen Oberschenkelloge (Adduktoren) assoziiert. Das Caput femoris artikuliert in der Articulatio coxae an der lateralen Oberfläche des Beckenknochens mit dem Acetabulum.

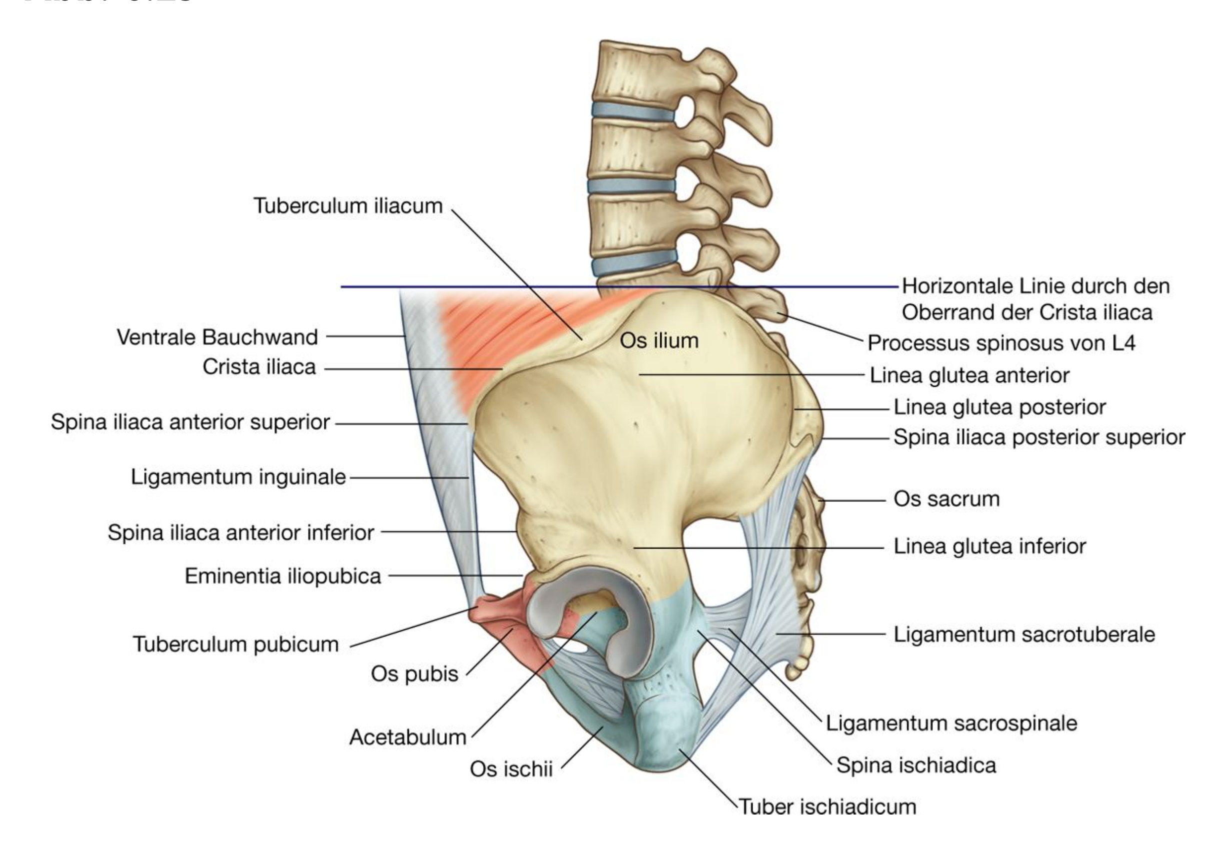
Os ilium (Darmbein)

Der obere flügelförmige Anteil des Os ilium ist auf der Innenseite mit dem Abdomen und auf der Außenseite mit der unteren Extremität assoziiert. Den Oberrand bildet die **Crista iliaca**, die ventral als **Spina iliaca anterior superior** und dorsal als **Spina iliaca posterior superior** ausläuft. Das **Tuberculum iliacum** liegt als lateraler Vorsprung der Crista iliaca direkt dorsal der Spina iliaca anterior superior.

Die Spina iliaca anterior inferior ist die ventrale Begrenzung des Os ilium. Unterhalb von ihr verbindet sich das Os ilium mit dem Os pubis. Hier befindet sich ein erhabenes Knochenareal (**Eminentia iliopubica**).

Die gluteale Oberfläche des Os ilium zeigt nach posterolateral und liegt unterhalb der Crista iliaca. Sie wird von drei gebogenen Linien markiert (Lineae gluteae inferior, anterior und posterior), die die Oberfläche in vier Regionen einteilen:

Abb. 6.23



Äußere Oberfläche des knöchernen Beckens. Ansicht von lateral.

- Die **Linea glutea inferior** entspringt oberhalb der Spina iliaca anterior inferior und verläuft kaudalwärts über den Knochen, um nahe der dorsalen Begrenzung des 501 502 Acetabulums zu enden. Der Musculus rectus femoris setzt an der Spina iliaca anterior inferior und an einer knöchernen Aufrauung zwischen dem Oberrand des Acetabulums und der Linea glutea inferior an.

- Die **Linea glutea anterior** entspringt am lateralen Rand der Crista iliaca zwischen der Spina iliaca anterior superior und dem Tuberculum iliacum und verläuft kaudalwärts über das Os ilium, um oberhalb des Oberrandes des Foramen ischiadicum majus zu verschwinden. Der Musculus gluteus medius entspringt zwischen der Linea glutea inferior und der Linea glutea anterior.

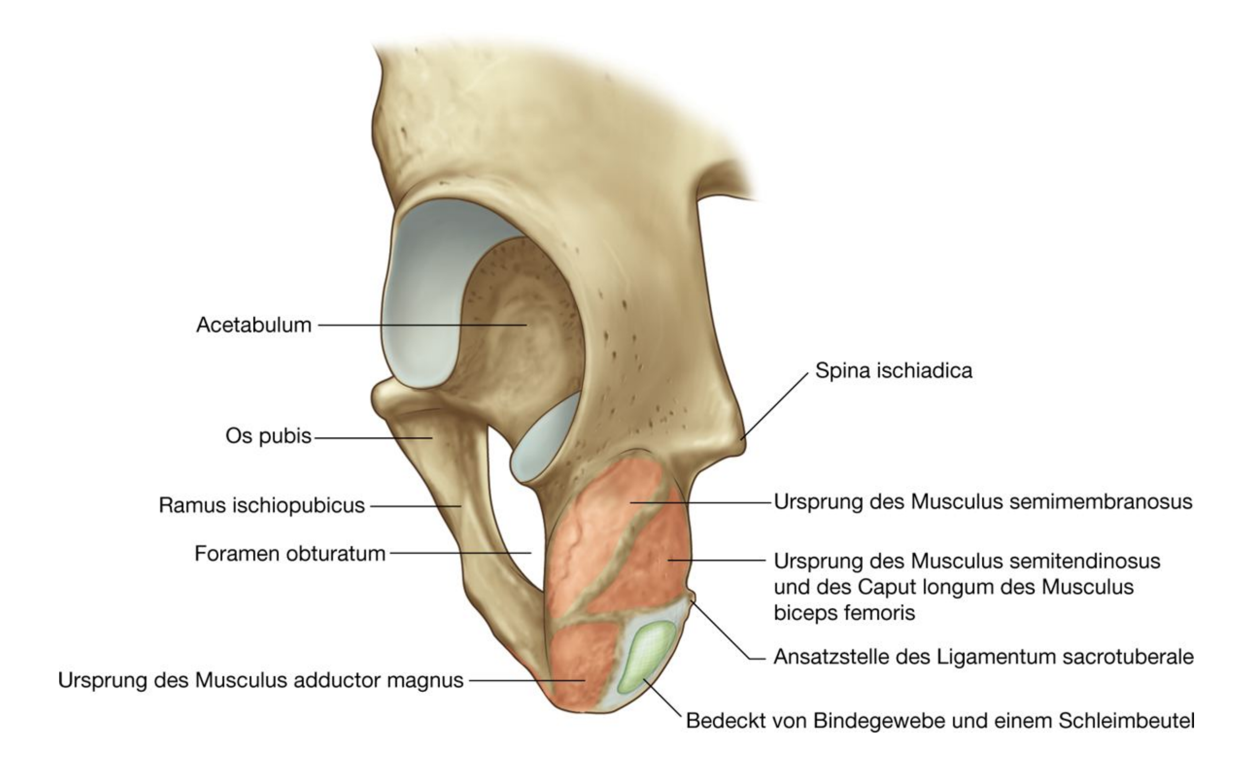
- Die **Linea glutea posterior** verläuft beinahe vertikal von der Crista iliaca zu einer Position nahe der Spina iliaca posterior inferior. Der Musculus gluteus medius setzt am Knochen zwischen Linea glutea anterior und Linea glutea inferior an, der Musculus gluteus maximus dorsal der Linea glutea posterior.

Tuber ischiadicum

Das **Tuber ischiadicum** liegt dorsokaudal vom Acetabulum und ist hauptsächlich mit der ischiokruralen Muskulatur der Oberschenkelrückseite assoziiert (Abb. 6.24). Es wird durch eine quer verlaufende Linie in einen oberen und einen unteren Anteil getrennt.

Der obere Anteil des Tuber ischiadicum verläuft vertikal und wird durch eine schräge Linie in zwei Anteile unterteilt:

Abb. 6.24



Tuber ischiadicum. Ansicht von posterolateral.

- Der mediale Anteil des oberen Areals dient als gemeinsamer Ursprung für den Musculus semitendinosus und das Caput longum des Musculus biceps femoris.
- Der laterale Anteil dient als Ursprung für den Musculus semimembranosus.

Der untere Anteil des Tuber ischiadicum verläuft eher horizontal und wird durch einen Knochenvorsprung in eine mediale und eine laterale Hälfte geteilt:

- Der laterale Anteil dient einem Teil des Musculus adductor magnus als Anheftungsstelle.
- Der mediale Anteil ist von Bindegewebe und einer Bursa bedeckt.

Im Sitzen überträgt der mediale Anteil das Körpergewicht.

Das Ligamentum sacrotuberale setzt an einer scharfen Kante am medialen Rand des Tuber ischiadicum an.

Ramus ossis ischii, Ramus inferior ossis pubis und Os pubis

Die äußere Oberfläche des Ramus ossis ischii, des Ramus inferior ossis pubis ventral des Tuber ischiadicum und das Os pubis dienen als Ansatzfläche für die Muskeln der medialen

Oberschenkelloge (Abb. 6.24). Zu diesen Muskeln gehören die Musculi adductor longus, adductor brevis, adductor magnus, pectineus und gracilis.

Acetabulum

Das große, becherförmige **Acetabulum** liegt an der lateralen Oberfläche des Os coxae genau an der Stelle, an der Os ilium (Darmbein), Os pubis (Schambein) und Os ischii (Sitzbein) miteinander verschmolzen sind (Y-Fuge; Abb. 6.25). Das Acetabulum artikuliert mit dem Femurkopf (Caput femoris).

Der Unterrand des Acetabulums wird durch eine ausgeprägte Kerbe markiert (**Incisura acetabuli**).

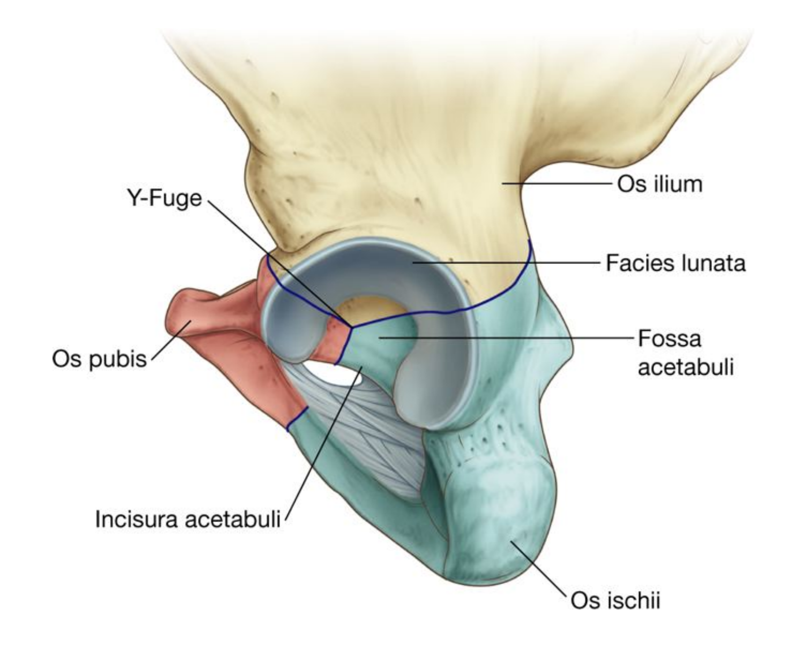
Die Wand des Acetabulums besteht aus artikulierenden und nicht artikulierenden Anteilen:

- Der nicht artikulierende Anteil ist rau und bildet in der Mitte und im unteren Abschnitts des Acetabulums eine flache kreisförmige Mulde (**Fossa acetabuli**). Die Incisura acetabuli geht in die Fossa acetabuli über.
- Die artikulierende Oberfläche ist breit und umgibt den ventralen, den kranialen und den dorsalen Rand der Fossa acetabuli.

Die glatte halbmondförmige Gelenkfläche (**Facies lunata**) ist kranial am breitesten. Hier wird der Großteil des Körpergewichts vom Becken auf das Femur übertragen. Die Facies lunata fehlt kaudal im Bereich der Incisura acetabuli.

Die Fossa acetabuli dient dem Ligamentum capitis femoris als Ansatzstelle. Das Ligamentum capitis femoris ist das Band des Femurkopfes. Durch die Incisura acetabuli treten Gefäße und Nerven.

Abb. 6.25



Acetabulum.

Klinik

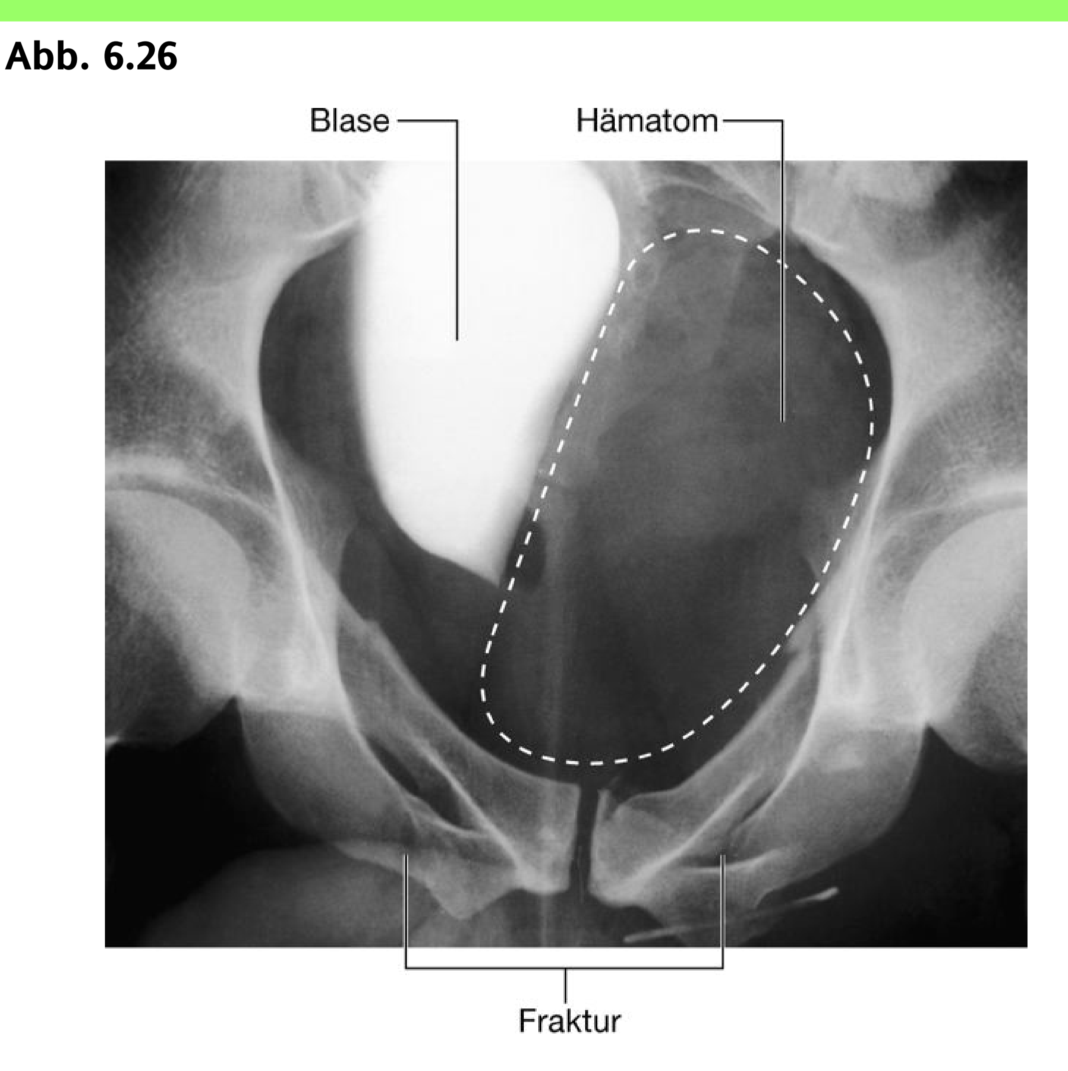
Beckenfrakturen

Die Ossa coxae, das Os sacrum und die zugehörigen Gelenke (Articulationes sacroiliacae und Symphysis pubica) bilden einen knöchernen Ring, der die Beckenhöhle umgibt. Bei Beckenfrakturen muss mit Verletzungen der Weichteile und der inneren Organe gerechnet werden. Polytraumapatienten mit Verletzungen von Thorax, Abdomen und unterer Extremiät müssen auch auf Verletzungen des Beckens untersucht werden.

Beckenfrakturen können mit einem massiven Blutverlust (bis zu 5 l) einhergehen (verdecktes Ausbluten). Deshalb sind häufig Bluttransfusionen nötig. Außerdem bilden solche Blutungen oft starke Beckenhämatome, die konsekutiv zu Nerveneinengungen, Organquetschungen und einer verminderten viszeralen Funktion der Beckenorgane führen können (Abb. 6.26).

Es gibt verschiedene Klassifikationen der Beckenfrakturen, damit der Chirurg die notwendige Behandlung und die Prognose des Patienten ermitteln kann.

Abb. 6.26



Multiple Beckenfrakturen. Röntgenaufnahme mit Kontrastmittel in der Harnblase. Ein großes Hämatom deformiert die Harnblase.

Beckenfrakturen werden in drei Typen eingeteilt:

- Typ-A-Frakturen sind stabile Bruchformen mit nur geringer Dislokation. Es handelt sich nicht um ein signifikantes Trauma, bei Frakturen der Crista iliaca sollte jedoch der Blutverlust abgeschätzt werden.
  - Typ A1: Abrissfraktur von Spina iliaca anterior superior oder inferior, Tuber ischiadicum
  - Typ A2: Alafraktur ohne Unterbrechung des Beckenrings, Frakturen des Scham- oder Sitzbeinastes
  - Typ A3: Querfraktur von Os sacrum oder Steißbein ohne Beteiligung des Beckenrings.
- Typ-B-Frakturen weisen eine Rotationsinstabilität bei erhaltener vertikaler Stabilität auf. Auch diese Verletzungen sind eher gutartig. Es muss aber immer auf den möglichen Blutverlust geachtet werden.
  - Typ B1: Außenrotationsverletzung-Symphysensprengung
  - Typ B2: laterale Kompressionsverletzung mit Innenrotation (einseitig oder überkreuzt)
  - Typ B3: bilaterale Typ-B-Fraktur.
- Typ-C-Frakturen sind durch eine Rotationsinstabilität bei gleichzeitiger vertikaler Verschiebung charakterisiert. In dieser Gruppe werden die schwersten Fraktur- und Verletzungsformen zusammengefasst. Die gesamten Beckenbodenstrukturen sind zerrissen, ebenso der gesamte ventrale und dorsale sakroiliakale Bandapparat zusammen mit den Ligamenta sacrotuberalia.
  - Typ C1: unilateral. Die dorsale Verletzung besteht entweder in einer Fraktur des Os ilium oder des Os sacrum oder aber in einer Dislokation im Iliosakralgelenk bzw. in einer interligamentären Zerreißung.
  - Typ C2: unilateral Typ C1, kontralateral Typ B
  - Typ C3: bilateral Typ C2. Hierzu gehören auch die Frakturen mit gleichzeitiger Acetabulumfraktur.

Weitere Beckenverletzungen können als Stressfrakturen und Ermüdungsbrüche beispielsweise bei Sportlern oder bei alten Menschen mit Osteoporose auftreten.

Proximales Femur

Das Femur (Oberschenkelknochen) ist der längste Knochen im Körper des Menschen. Sein proximales Ende ist durch einen Kopf (Caput), einen Hals (Collum) und zwei große Fortsätze

(Trochanter major und Trochanter minor) am oberen Teil des Schaftes charakterisiert (Abb. 6.27).

Das **Caput femoris** ist kugelförmig und artikuliert mit dem Acetabulum des Beckenknochens. Es besitzt eine nicht artikulierende Vertiefung **(Fovea capitis femoris)** auf der medialen Oberfläche, an der das Ligamentum capitis femoris ansetzt.

Das **Collum femoris** (der sog. **Schenkelhals**) ist ein zylindrischer Knochenanteil, der den Femurkopf mit dem Femurschaft verbindet. Er zeigt nach kraniomedial, ist leicht nach vorn torquiert (Antetorsionswinkel 12°) und bildet zum Femurschaft etwa einen Winkel von 125° (beim Erwachsenen). Die Stellung des Schenkelhalses zum Schaft erhöht das Bewegungsausmaß des Hüftgelenks.

Der obere Teil des **Femurschafts** besitzt zwei Apophysen, den Trochanter major und den Trochanter minor, die als Ansatzstellen für die Muskulatur des Hüftgelenks dienen.

Trochanter major und Trochanter minor

Der **Trochanter major** verlängert den Schaft lateral vom Schenkelhals kranialwärts (Abb. 6.27). Er springt nach dorsal vor und enthält auf seiner medialen Fläche die **Fossa trochanterica**. Deren laterale Wand besitzt eine ovale Vertiefung, die als Ansatzstelle für den Musculus obturatorius externus dient.

Der Trochanter major besitzt an der anterolateralen Oberfläche einen länglichen First zur Anheftung des Musculus gluteus minimus und etwas weiter dorsal einen ähnlichen First, der als Ansatzstelle des Musculus gluteus medius dient. Zwischen diesen beiden Punkten ist der Trochanter major tastbar.

Auf der medialen Seite dient eine schmale Impression dem Musculus obturatorius internus sowie den assoziierten Musculi gemelli als Ansatz. Direkt darüber liegt am Rand des Trochanter major die Ansatzstelle des Musculus piriformis.

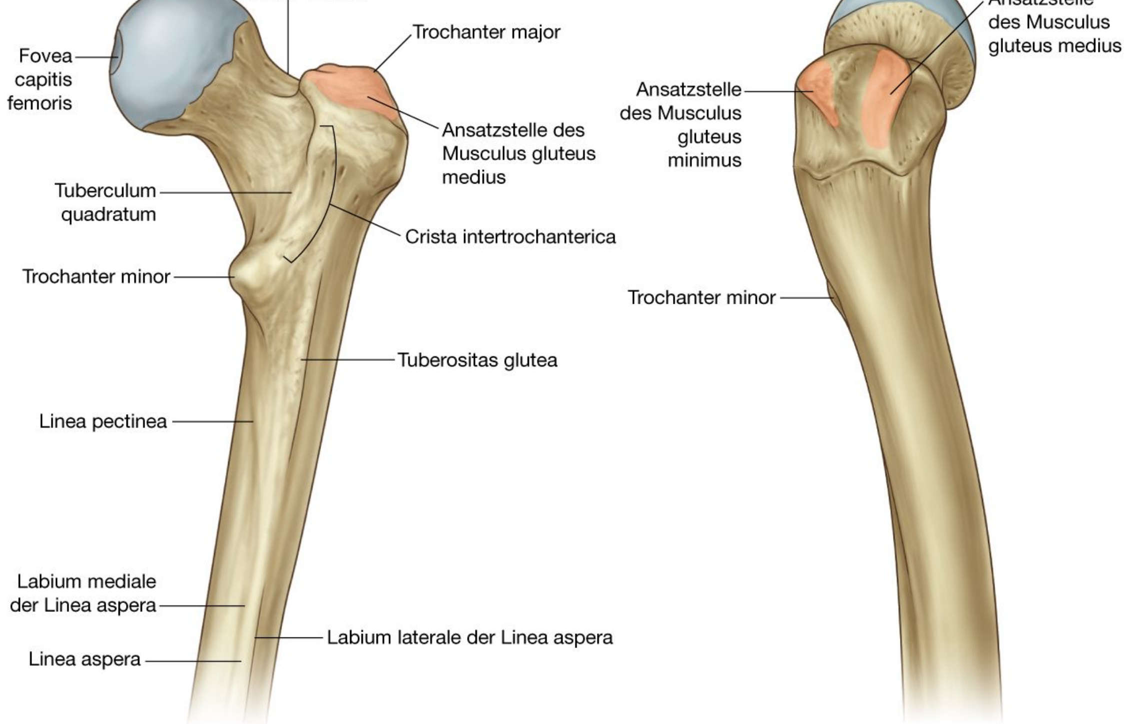
Der **Trochanter minor** ist kleiner als der Trochanter major und hat eine plumpe konische Form. Er zeigt vom Femurschaft nach posteromedial und liegt direkt unterhalb der Verbindungsstelle von Corpus und Collum femoris (Abb. 6.27).

504

Abb. 6.27

A
Collum femoris
Fossa trochanterica
Ansatzstelle des Musculus piriformis
Trochanter major
Ansatzstelle des Musculus gluteus minimus
Caput femoris
Trochanter major
Linea intertrochanterica
Trochanter minor
Corpus femoris

B
Fovea capitis femoris
Ansatzstelle des Musculus piriformis
Trochanter major
Ansatzstelle des Musculus gluteus minimus
Ansatzstelle des Musculus obturatorius internus
Collum femoris
Fossa trochanterica
Ovale Impression als Ansatzstelle des Musculus obturatorius externus
Tuberculum quadratum
Trochanter minor
Ende der Linea intertrochanterica
Linea pectinea



Proximales Ende des linken Femurs. **A**. Ansicht von anterior. **B**. Ansicht von medial. **C**. Ansicht von posterior. **D**. Ansicht von lateral.

Er dient der gemeinsamen Sehne des Musculus psoas major und Musculus iliacus als Ansatzstelle.

Zwischen beiden Trochanteren verlaufen die Linea intertrochanterica und die Crista intertrochanterica, die das Corpus vom Collum femoris trennen.

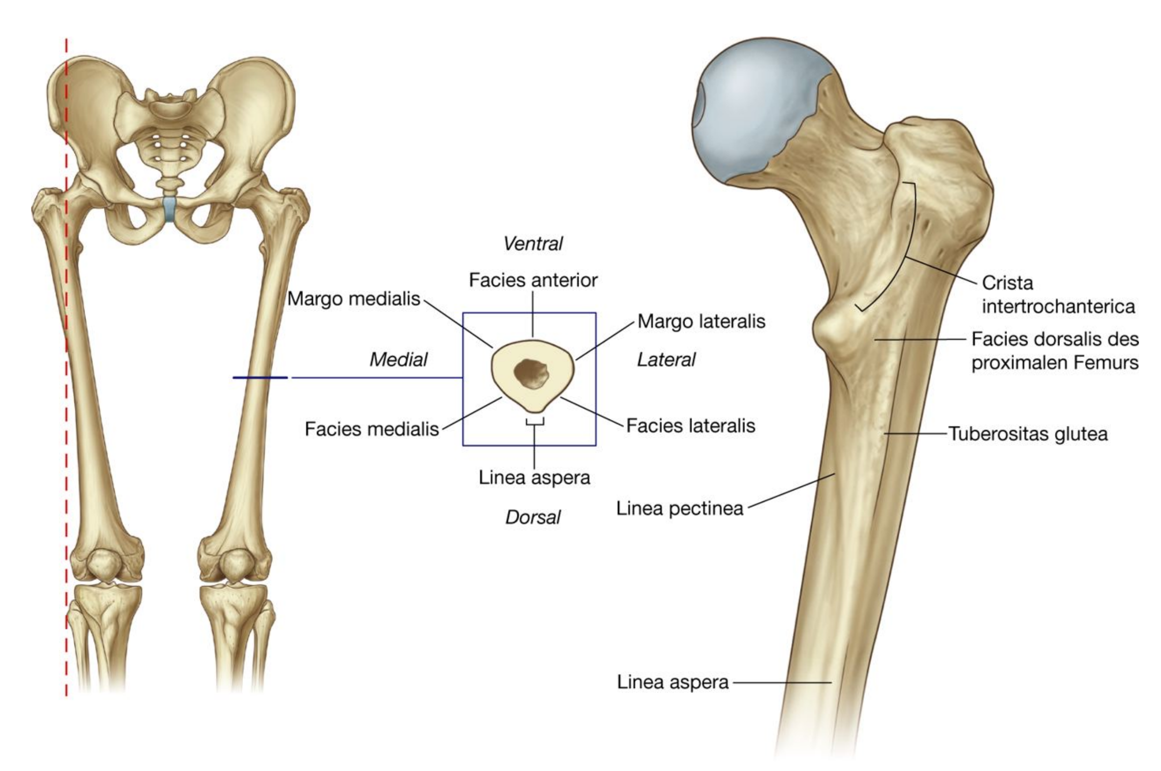
Linea intertrochanterica

Die **Linea intertrochanterica** ist ein Knochenfirst an der anteromedialen Oberfläche des Femurschaftoberrandes, der von der Basis des Trochanter major nach mediokaudal zur Basis des Trochanter minor verläuft. Er geht in die **Linea pectinea** über, die unterhalb des Trochanter minor um den Femurschaft verläuft und mit dem Labium mediale der **Linea aspera** verschmilzt.

Crista intertrochanterica

Die **Crista intertrochanterica** liegt an der Femurrückseite und verläuft von der hinteren Grenze des Trochanter major über den Knochen nach medial zur Basis des Trochanter minor. Sie ist eine breite, glatte Erhöhung mit einem Vorsprung **(Tuberculum quadratum)** an der oberen Hälfte, der als Ansatzstelle für den Musculus quadratus femoris dient.





Proximaler Femurschaft (links).

Femurschaft

Der Femurschaft verläuft in der Koronarebene von lateral nach medial in einem Winkel von etwa 7° in einer vertikalen Achse (Abb. 6.28). Das distale Femurende liegt demnach näher an der Mittellinie als das obere.

Das mittlere Drittel des Femurschafts ist im Querschnitt etwa dreieckig mit einem glatten Margo medialis und einem Margo lateralis zwischen den Facies ventralis, lateralis und medialis. Die dorsale Grenze ist breiter und bildet eine deutliche Linie (Linea aspera).

Die Linea aspera ist eine wichtige Ansatzzone der Oberschenkelmuskulatur. Im proximalen Femurdrittel teilt sie sich in ein Labium mediale und ein Labium laterale, die proximal in die Linea pectinea und die Tuberositas glutea übergehen (Abb. 6.28):

- Die Linea pectinea verläuft nach ventral unter den Trochanter minor und verbindet sich mit der Linea intertrochanterica.
- Die Tuberositas glutea ist eine Aufrauung, die nach lateral zur Basis des Trochanter major zieht.

Der Musculus gluteus maximus setzt an der Tuberositas glutea an.

Der dreieckige Bereich zwischen Linea pectinea, Tuberositas glutea und Crista intertrochanterica ist die Facies dorsalis des proximalen Femurendes.

506

507

Klinik

Blutversorgung von Caput und Collum femoris

Um die Basis des Collum femoris herum verläuft ein extraartikulärer Arterienring, der dorsal von einem großen Ast der Arteria circumflexa femoris medialis und ventral von kleineren Ästen der Arteria circumflexa femoris lateralis gebildet wird. Außerdem wird er aus der Arteria glutea superior und der Arteria glutea inferior gespeist, die aber einen geringeren Anteil an der Blutversorgung haben und kleine aufsteigende Äste zum Collum femoris abgeben. Von diesen Ästen gehen weitere ab, die einen intraartikulären Arterienring versorgen.

Außerdem wird die Blutversorgung von Caput und Collum femoris von der Arteria ligamenti capitis femoris (einer kleinen Arterie im Ligamentum capitis femoris) aus dem Ramus acetabularis der Arteria obturatoria unterstützt. Dieses Gefäß ist aber eher klein und variabel.

Klinik

Schenkelhalsfrakturen

Die meisten Schenkelhalsfrakturen liegen intrakapsulär (mediale Schenkelhalsfraktur). Dabei können die Äste des intraartikulären Arterienrings zerreißen. In der Folge sind eine

unzureichende Blutversorgung und letztendlich eine Nekrose des Femurkopfes möglich. In einigen Fällen ist es besser, eine operative Hemiarthroplastik (Einbringen einer Femurkopfprothese) durchzuführen oder eine Totalendoprothese (TEP) einzusetzen.

Pertrochantäre Fraktur

Eine andere typische Fraktur des Hüftgelenks ist die pertrochantäre Fraktur. Hier verläuft die Frakturlinie vom Trochanter major zum Trochanter minor und nicht durch den Schenkelhals. Die Blutversorgung bleibt erhalten, und es kommt nicht zur Ischämie des Femurkopfs. Diese Frakturen werden je nach Frakturtyp mit dynamischer Hüftschraube, Gamma-Nagel oder Winkelplattenosteosynthese versorgt. Primäres Ziel ist die Frühmobilisierung des Patienten.

Femurschaftfrakturen Ein Bruch eines Femurschafts erfordert eine hohe Kraft-einwirkung. Bei einer solchen Verletzung sind häufig auch die umgebenden Weichgewebe geschädigt, wie die Muskellogen und deren Inhalt. Verletzungen der Gefäß-Nerven-Bündel müssen sofort nach der Frakturreposition versorgt werden.

Hüftgelenk

Das Hüftgelenk ist ein echtes Synovialgelenk zwischen Caput femoris (Hüftkopf) und Acetabulum (Hüftpfanne) des Beckenknochens (Abb. 6.29A). Das Gelenk ist ein multiaxiales Kugelgelenk (Nussgelenk, Enarthrose – der Hüftkopf wird über den Äquator hinaus vom Acetabulum umgriffen, Articulatio cotylica), das auf Kosten der Beweglichkeit vor allem für Stabilität sorgt und das Körpergewicht trägt. Durch seinen Aufbau besitzt das Gelenk unendlich viele Freiheitsgrade. Man kann drei Hauptbewegungsachsen aus der Neutral-Null-Stellung unterscheiden:

- eine transversale Achse, um die Beugung (Flexion, Anteversion) bis 130 – 140° und Streckung (Extension, Retroversion) bis 10 – 15° durchgeführt werden können
- eine sagittale Achse, um die eine Abduktion bis ca. 50° und eine Adduktion bis ca. 30° durchgeführt werden können
- eine Rotationsachse, um die eine Außenrotation bis 40 – 50° und eine Innenrotation bis 30 – 50° abhängig von Streck- oder Beugehaltung durchgeführt werden können
- eine zusammengesetzte Bewegung (Ausnutzung des gesamten Bewegungsspielraums), die Zirkumduktion.

Bei der Wirkung der Muskulatur auf das Hüftgelenk müssen immer die Länge und Neigung des Collum femoris im Verhältnis zum Femurschaft bedacht werden. So werden Innen- und Außenrotation des Femurs durch Muskeln bewirkt, die den Trochanter major nach vorn ziehen, aber auch durch Muskeln, die ihn nach hinten ziehen – immer in Relation zum Acetabulum (Abb. 6.29B). Einschränkungen der Bewegung im Hüftgelenk erfolgen durch Knochen-, Weichteil- und Bandhemmung.

Die Gelenkflächen des Hüftgelenks sind:

- das kugelförmige Caput femoris
- die Facies lunata des Acetabulums.

507
508

Das Acetabulum umgibt den halbkugeligen Hüftkopf über den Äquator hinaus fast vollständig und trägt so entscheidend zur Gelenkstabilität bei. (Daher ist das Hüftgelenk eine Enarthrose.) Die nicht am Gelenk beteiligte Fossa acetabuli enthält Fettgewebe (Pulvinar). Die Facies lunata ist von hyalinem Gelenkknorpel bedeckt und kranial am breitesten.

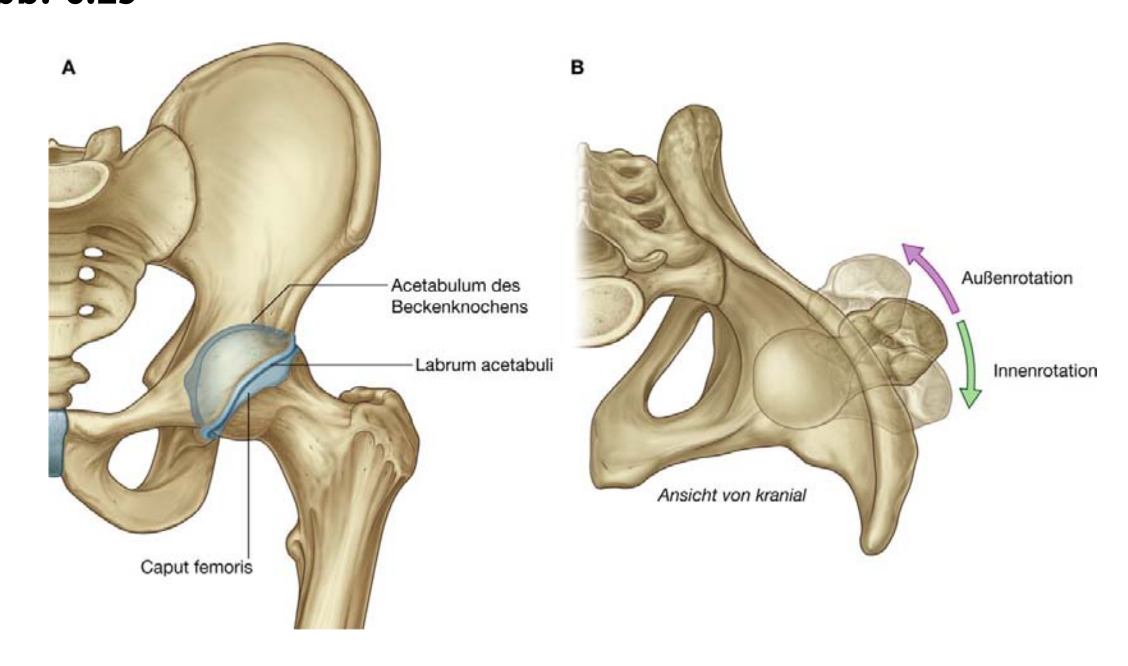
Mit Ausnahme der Fovea capitis femoris ist auch der Femurkopf mit hyalinem Knorpel bedeckt.

Der Acetabulumrand (Limbus acetabuli) wird durch eine aus Faserknorpel und festem Bindegewebe bestehende Gelenklippe (Labrum acetabuli) etwas erweitert. Am Unterrand reicht das Labrum als **Ligamentum transversum acetabuli** über die Incisura acetabuli und macht so aus der Inzisur ein Foramen (Abb. 6.30A).

Das **Ligamentum capitis femoris** ist ein flaches bindegewebiges Band, das in der Fovea capitis femoris entspringt und in der Fossa acetabuli an den Rändern der Incisura acetabuli und dem Ligamentum transversum acetabuli inseriert (Abb. 6.30B). Es enthält einen kleinen Ast der Arteria obturatoria (Arteria ligamenti capitis femoris) und trägt zur Gefäßversorgung des Femurkopfs bei. (Es hat keine Haltefunktion.)

Die Membrana synovialis setzt an den Rändern der Gelenkflächen von Femur und Acetabulum an, bildet eine röhrenförmige Bedeckung um das Ligamentum capitis femoris und kleidet die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel von innen aus (Abb. 6.30B und 6.31). Von ihrer Anheftungsstelle bis zum Rand des Femurkopfs bedeckt die Membrana synovialis das Collum femoris, bevor sie auf die Membrana fibrosa umschlägt (Abb. 6.31).

Abb. 6.29



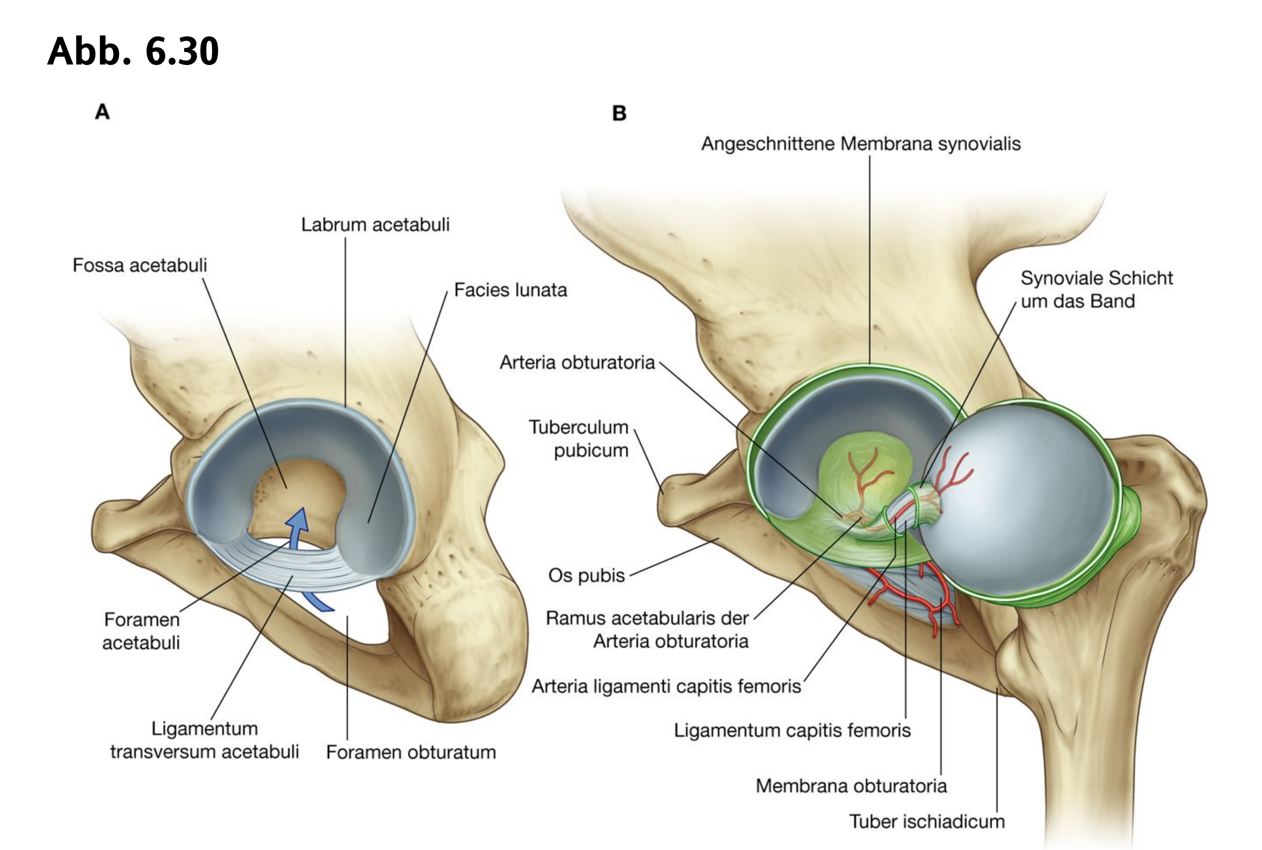
Hüftgelenk. **A**. Gelenkflächen. **B**. Bewegungen des Collum femoris bei der Innen- und Außenrotation. Ansicht von kranial.

Die Membrana fibrosa, die das Hüftgelenk umgibt, ist sehr kräftig. Medial setzt sie am Rand des Acetabulums, am Ligamentum transversum acetabuli und an den Rändern des Foramen obturatum an (Abb. 6.32A). Lateral haftet sie an der Linea intertrochanterica, am ventralen Abschnitt des Femurs und am Collum femoris oberhalb der Crista intertrochanterica an der dorsalen Oberfläche.

Bänder

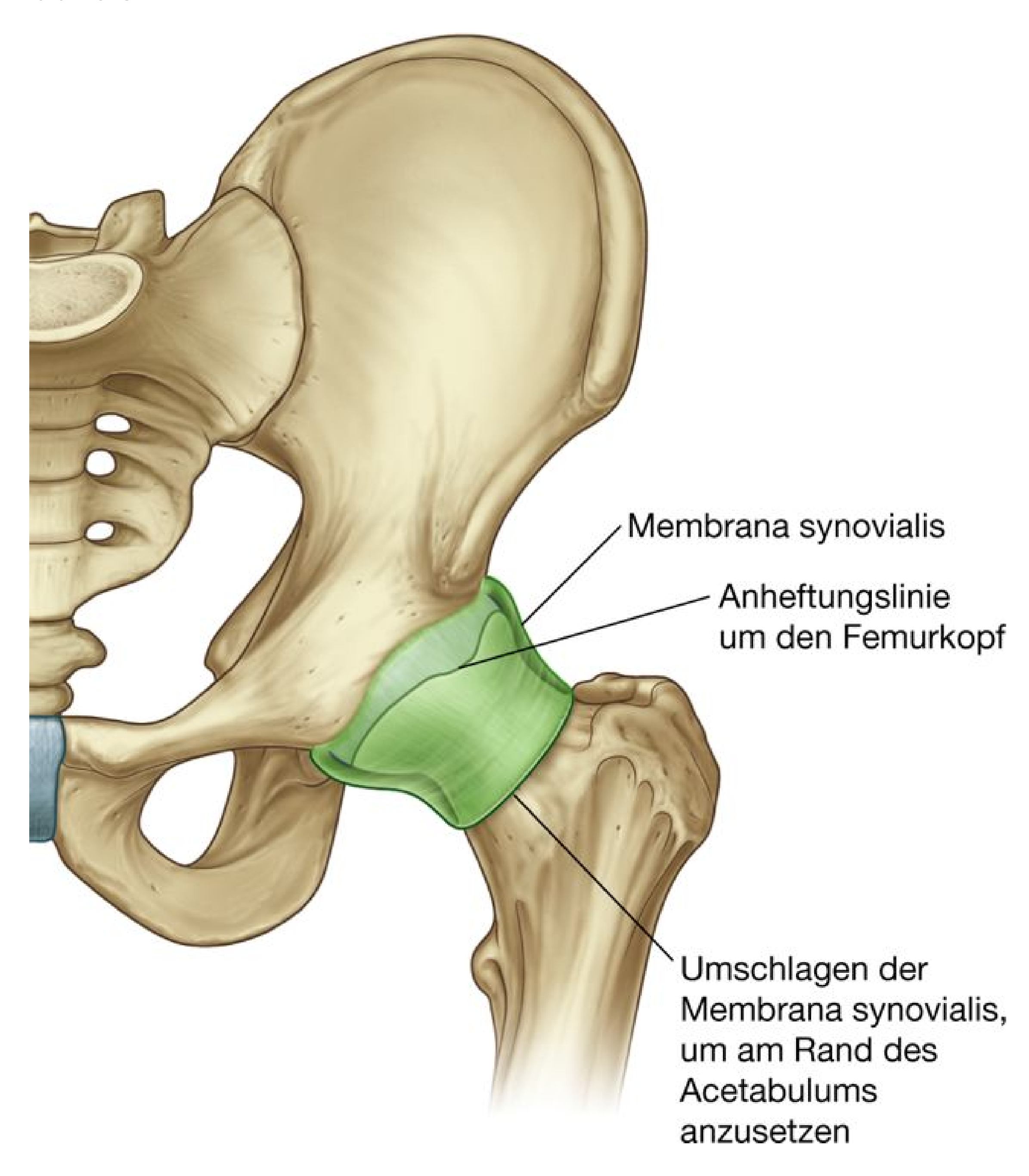
Die Außenfläche der Gelenkkapsel wird von drei Bändern verstärkt, die das Hüftgelenk stabilisieren:

Abb. 6.30



Hüftgelenk. **A**. Ligamentum transversum acetabuli. **B**. Ligamentum capitis femoris. Das Caput femoris ist nach außen rotiert, um das Band darzustellen.

Abb. 6.31



Membrana synovialis des Hüftgelenks.

- Das **Ligamentum iliofemorale** (Bigelow-Band) verläuft ventral des Gelenks und ist dreieckig (Abb. 6.32B). Es besteht aus einer Pars transversa (Pars lateralis) und einer Pars descendens (Pars medialis). Seine Spitze entspringt am Os ilium zwischen der Spina iliaca anterior inferior und dem Rand des Acetabulums; die Basis setzt fächerförmig an der Linea intertrochanterica des Femurs an. Die Anteile des Bandes, die kranial und kaudal der Mitte der Linea intertrochanterica ansetzen, sind kräftiger als die mittleren Anteile. Deshalb erscheint das Band wie ein umgedrehtes Y. Es handelt sich um das stärkste Band des Körpers (Haltekraft bis 350 kg). Es verstärkt die Gelenkkapsel

508

509

von vorn und besitzt eine statische Funktion, indem es das Abkippen des Beckens nach dorsal verhindert.

- Das **Ligamentum pubofemorale** verläuft ventrokaudal des Hüftgelenks (Abb. 6.32B). Es ist ebenfalls dreieckig. Seine Basis entspringt medial am Ramus superior ossis pubis, an der Membrana obturatoria und dem angrenzenden Knochen. Es inseriert am Ende der Linea intertrochanterica. Lateral verbindet es sich mit der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel sowie der Unterfläche des Ligamentum iliofemorale. Das Band hemmt eine zu ausgiebige Extension, Abduktion und Außenrotation im Hüftgelenk.
- Das **Ligamentum ischiofemorale** verstärkt die dorsale Gelenkkapsel (Abb. 6.32C). Es entspringt medial am Os ischii, und zwar am kaudalen Pfannenrand, und lateral am Tuber ischiadicum. Teile des Bandes strahlen in das Ligamentum iliofemorale ein. Das Band läuft schraubenförmig zur Zona orbicularis und zur Fossa trochanterica. Funktionell hemmt es eine übermäßige Innenrotation, Extension und Abduktion.
- Die **Zona orbicularis** (Ringzone, Faserring) umgreift den Schenkelhals. Fasern der drei anderen Bänder (besonders der Ligamenta pubofemorale und ischiofemorale) strahlen in die Zona orbicularis ein. Der Femurkopf sitzt wie der Knopf vor dem Knopfloch. Eine Luxation wird durch die Zona orbicularis gehemmt. Die Zona orbicularis hat keine direkte Verbindung zum Knochen.

509
510

Die Fasern aller Bänder verlaufen spiralförmig um das Hüftgelenk, sodass sie sich bei der Gelenkstreckung anspannen. Dadurch wird das Gelenk stabilisiert, und die zum Stand erforderliche Muskelenergie wird reduziert.

Die Gefäßversorgung des Hüftgelenks erfolgt vor allem über Äste der Arteriae obturatoria, circumflexa femoris medialis, circumflexa femoris lateralis, glutea superior, glutea inferior und der ersten Arteria perforans der Arteria profunda femoris. Die Gelenkäste dieser Gefäße bilden ein Gefäßnetzwerk um das Hüftgelenk (Abb. 6.33).

Das Hüftgelenk wird über Gelenkäste der Nervi femoralis, obturatorius, gluteus superior und musculi quadrati femoris innerviert.

Biomechanik

Aus funktioneller und klinischer Sicht sind drei Winkel am Hüftgelenk und am Femur von Bedeutung:

Pfannenneigungswinkel

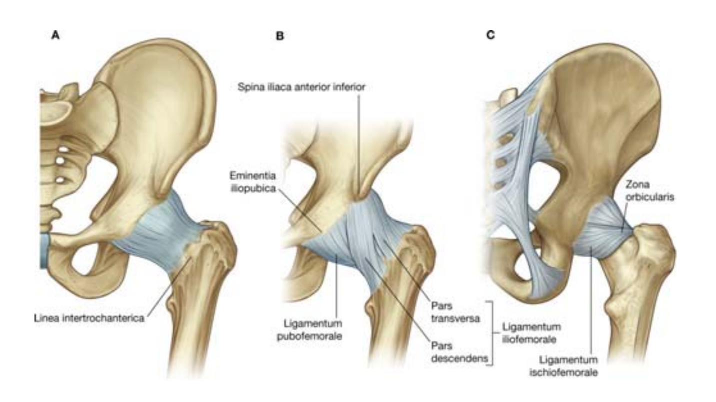
Der Pfannenneigungswinkel (Abb. 6.32D) beschreibt den Winkel zwischen dem knöchernen und knorpeligen Pfannenrand (Pfannenerker) und dem Ligamentum transversum acetabuli. Er ist abhängig vom Lebensabschnitt unterschiedlich groß. So beträgt er beim Neugeborenen ca. 60°, beim 9-jährigen Kind ca. 47° und beim 40-jährigen Erwachsenen ca. 41°. *Bei großem Pfannenneigungswinkel ist die Gefahr einer Hüftgelenkluxation besonders groß. Das Neugeborenenscreening umfasst in der U2 (zweite Untersuchung des Säuglings durch den*

Kinderarzt) ein Screening auf angeborene Hüftluxation. Bei Vorliegen einer angeborenen Hüftluxation kommen therapeutisch Spreizhöschen zum Einsatz. Nichtbehandlung einer beidseitigen angeborenen Hüftgelenkluxation führt zum Trendelenburg-Zeichen (Watschelgang). Dabei liegen die Hüftköpfe auf den Darmbeinschaufeln. Tuber ossis ischii, Trochanter major und Spina iliaca anterior superior (Roser-Nélaton-Linie) liegen dabei nicht mehr auf einer geraden Linie, sondern bilden ein Dreieck.

Schenkelhalswinkel

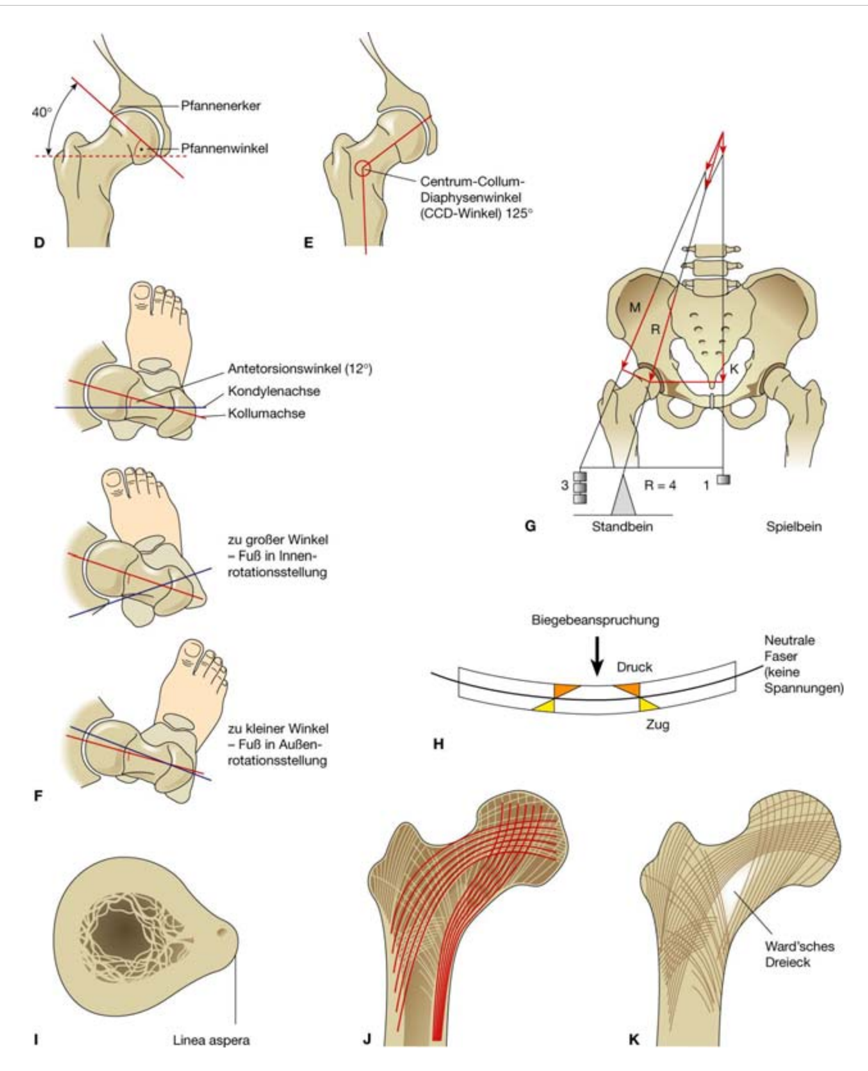
Der Schenkelhalswinkel ist der Winkel zwischen Oberschenkelhals und Oberschenkelschaft. Er wird auch als Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel oder kurz CCD-Winkel bezeichnet (Abb. 6.32E). Auch er ist in verschiedenen Lebensaltern unterschiedlich groß. So beträgt er beim Neugeborenen ca. 150°, beim 9-jährigen Kind ca. 138° und beim 40-Jährigen als Normalwert des Erwachsenen ca. 125°. Winkel unter 120° werden als Coxa vara. Werte über 135° als Coxa valga bezeichnet.

Abb. 6.32



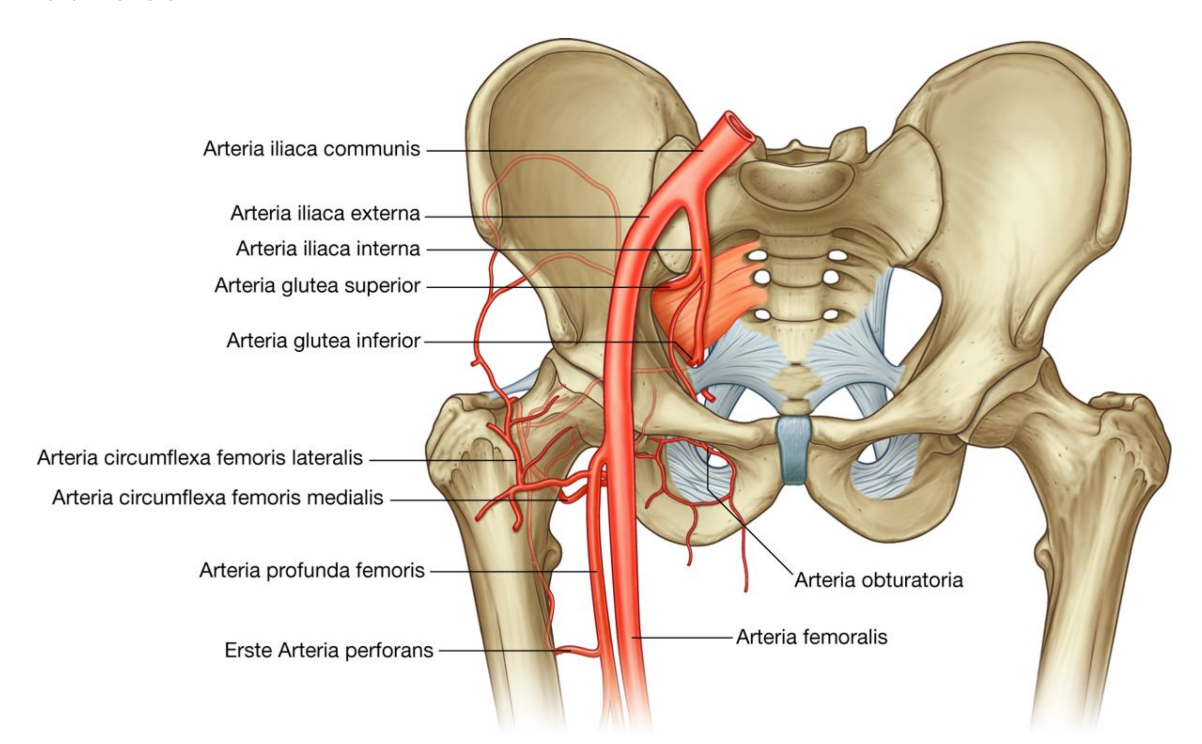
510

511



Gelenkkapsel, Bänder und Biomechanik des Hüftgelenks. **A**. Membrana fibrosa der Gelenkkapsel. Ansicht von ventral. **B**. Ligamenta iliofemorale und pubofemorale. Ansicht von ventral. **C**. Ligamentum ischiofemorale. Ansicht von dorsal. **D**. Pfannenneigungswinkel. **E**. Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel. **F**. Antetorsionswinkel. **G**. Resultierende. K = Körpergewicht + Schwerkraft, M = Muskel- und Bandkräfte, R = Resultierende aus den Vektoren von Körpergewicht und Schwerkraft sowie Muskel und Bandkräften. **H**. Quantitative Anpassung des Knochens. **I**. Quantitative Anpassung. **J**. Qualitative Anpassung. **K**. Ward-Dreieck.

Abb. 6.33



Blutversorgung des Hüftgelenks.

Antetorsionswinkel

Der Antetorsionswinkel (oder Anteversionswinkel) beschreibt den Winkel, der zwischen einer Achse durch den Schenkelhals und durch das Zentrum des Femurkopfes gegenüber einer Achse durch die beiden Femurkondylen besteht (der proximale Anteil des Femurs ist gegenüber dem distalen Anteil des Femurs 12° nach vorn gedreht). Ist der Antetorsionswinkel zu groß, steht der Fuß beim normalen Stand in Innenrotationsstellung; ist er zu klein, steht der Fuß in übermäßiger Außenrotationsstellung (Abb. 6.32F).

Belastung des Skelettsystems

Ein Gelenk wird über die Körperlast (Körpergewicht + Schwerkraft) sowie die auf das Gelenk wirkenden Muskel- und Bandkräfte belastet. Die Skelettelemente dienen den angreifenden Muskel- und Bandkräften als (virtuelle) Hebelarme. Das Körpergewicht und die Muskel- und Bandkräfte wirken einander entgegen; es handelt sich um gerichtete Kräfte = Vektoren. Die Belastung (die Vektorsumme aus Muskel- und Bandkräften und Last) ist die **Gelenkresultierende** (Abb. 6.32G). Sie wirkt auf die kraftaufnehmende Fläche. Die kraftaufnehmende Fläche ist der Bereich eines Gelenks, an dem die Kraft übertragen wird. Sie ist kleiner als die Gelenkfläche und als die Kontaktfläche zwischen den artikulierenden Gelenkkörpern.

Funktionelle Anpassung

Knochen ist nach einem „ökonomischen“ Bauprinzip gebaut, dabei werden Energie und Material gespart. Ein Rohr stellt dabei die optimale Konstruktion eines auf Biegung beanspruchten Körpers dar (innen hohl und in alle Richtungen biegsam; Abb. 6.32H). Dabei entstehen durch Druck auf der einen und Zug auf der anderen Seite hohe Spannungen am Rand; im Inneren treten keine Spannungen auf (sog. neutrale Faser).

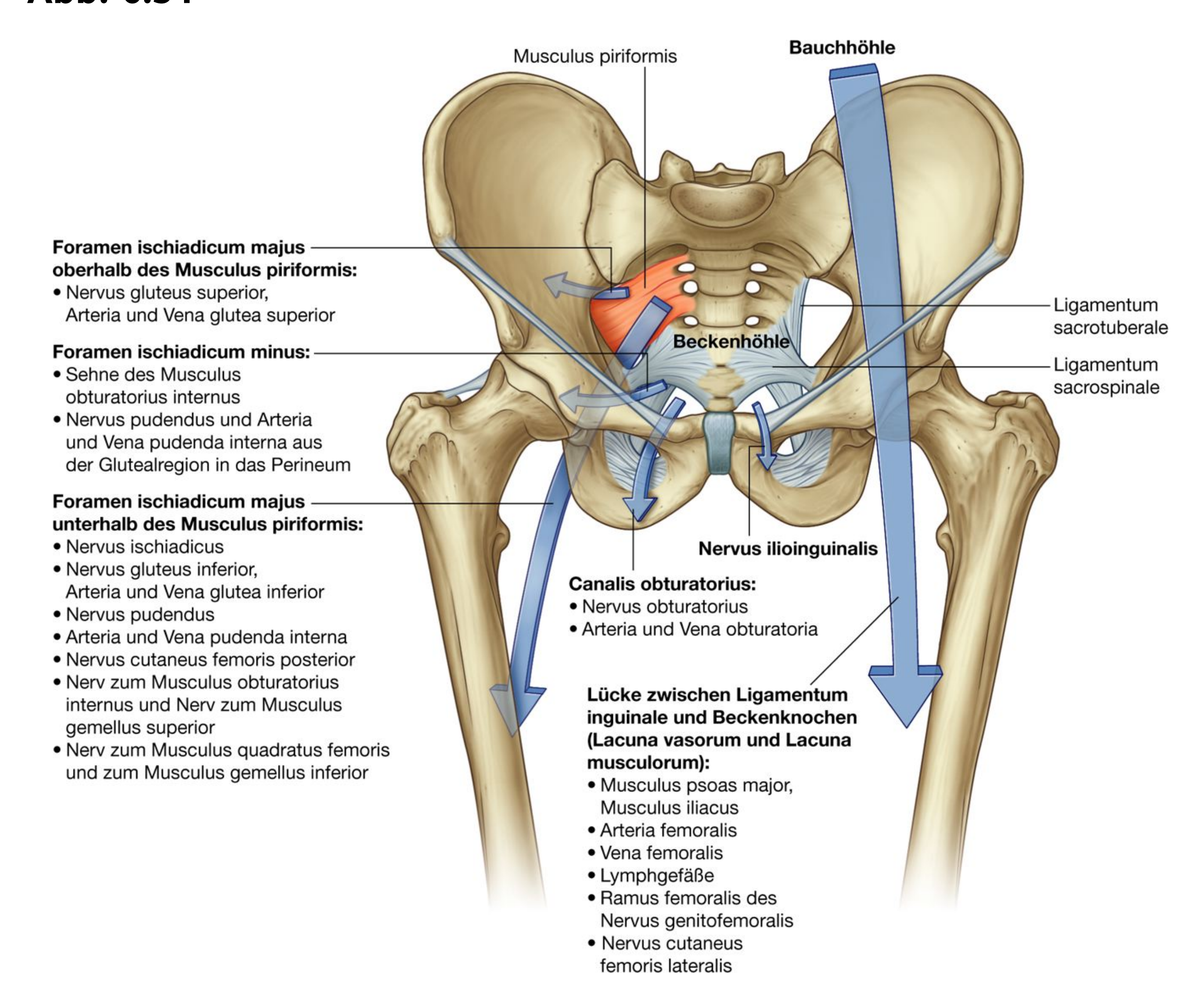
Das Femur ist funktionell sowohl quantitativ als auch qualitativ angepasst. Es ist in der Frontalebene einer hohen Biegebeanspruchung ausgesetzt. Die große Beanspruchung auf der Druckseite (mediale Seite) wird quantitativ durch eine verdickte Substantia corticalis des Knochens ausgeglichen (Verstärkungsleiste – Linea aspera; Abb. 6.32I). Die qualitative Anpassung erfolgt duch die Ausrichtung der Substantia spongiosa des Knochens in trajektorieller Bauweise (Druck- und Zugspannungen, die im Rahmen einer Biegebeanspruchung auftreten, werden über Drucktrabekel = Kompressionstrajektorien und Zugtrabekel = Dehnungstrajektorien aufgefangen; Abb. 6.32J). Zwischen den Druck- und Zugtrabekeln besteht im Schenkelhals ein Bereich, in dem keine Spannungen auftreten (entspricht der neutralen Faser). Dieser Bereich erscheint im Röntgenbild als Ward-Dreieck (Abb. 6.32K). *Bei einer Coxa vara treten im proximalen Femur vermehrt Zugspannungen auf. Eine Coxa vara tritt vor allem im höheren Lebensalter auf. In Verbindung mit osteoporotischen Veränderungen kann es schon bei verhältnismäßig geringen* 512

513 *Krafteinwirkungen, wie beispielsweise einem Sturz bei Glatteis, zu einer Schenkelhalsfraktur kommen. Bei der Coxa valga kommt es zu einer reinen Druckbeanspruchung mit einer großen Gelenkresultierenden und einer hohen Beanspruchung im Bereich der kraftaufnehmenden Fläche. Dabei treten vermehrt degenerative Gelenkknorpelveränderungen (Arthrose) im Hüftgelenk auf.*

Verbindungen mit der unteren Extremität

Es gibt vier Hauptwege, über die Strukturen aus dem Abdomen und Becken in die und aus der unteren Extremität gelangen können. Dies sind der Canalis obturatorius, das Foramen ischiadicum majus, das Foramen ischiadicum minus und die Lücke zwischen dem Ligamentum inguinale und dem ventrokranialen Rand des Beckens (Abb. 6.34).

Abb. 6.34



Verbindungswege zur unteren Extremität.

Canalis obturatorius

Der **Canalis obturatorius** ist ein nahezu vertikal verlaufender Verbindungsweg am ventralen Rand des Foramen obturatum (Abb. 6.34). Er wird begrenzt

- kranial durch den **Sulcus obturatorius** am Unterrand des Ramus superior ossis pubis
- kaudal durch den Oberrand der Membrana obturatoria, die den Großteil des Foramen obturatum ausfüllt, sowie durch Muskulatur (Musculi obturatores externus und internus), die an der Membrana obturatoria und dem umgebenden Knochen ansetzt.

Der Canalis obturatorius verbindet Abdomen und Becken mit der medialen Oberschenkelloge. Durch den Kanal ziehen der Nervus obturatorius sowie Arteria und Vena obturatoria.

513

Foramen ischiadicum majus

Das **Foramen ischiadicum majus** liegt an der posterolateralen Beckenwand und ist der Hauptdurchtrittsweg für Strukturen zwischen Becken und Glutealregion der unteren Extremität (Abb. 6.34). Die Ränder des Foramen werden gebildet durch

- die Incisura ischiadica major
- Anteile der Oberränder der Ligamenta sacrospinale und sacrotuberale
- den lateralen Rand des Os sacrum.

Der Musculus piriformis verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion und teilt das Foramen in zwei Teile, eine Pars suprapiriformis und eine Pars infrapiriformis:

- Der Nervus gluteus superior sowie die Arteria und Vena glutea superior verlaufen durch die Pars suprapiriformis des Foramen ischiadicum majus.
- Der Nervus ischiadicus, der Nervus gluteus inferior, die Arteria und Vena glutea inferior, der Nervus pudendus, die Arteria und Vena pudenda interna, der Nervus cutaneus femoris posterior (sowie die Nerven der Musculi obturatorius internus, gemellus superior, quadratus femoris und gemellus inferior) verlaufen durch die Pars infrapiriformis des Foramen ischiadicum majus.

Foramen ischiadicum minus

Das **Foramen ischiadicum minus** liegt unterhalb des Foramen ischiadicum majus an der posterolateralen Beckenwand (Abb. 6.34). Es liegt außerdem unterhalb der lateralen Ansatzstelle des Beckenbodens an der Beckenwand und verbindet so die Glutealregion mit dem Perineum:

- Die Sehne des Musculus obturatorius internus verläuft von der lateralen Beckenwand durch das Foramen ischiadicum minus in die Glutealregion und setzt am Femur an.
- Der Nervus pudendus und die Arteria und Vena pudenda interna, die erst durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis (Foramen infrapiriforme) das Becken verlassen, gelangen unterhalb des Beckenbodens zum Perineum, indem sie um die Spina ischiadica und das Ligamentum sacrospinale und dann durch das Foramen ischiadicum minus verlaufen.

Lacuna vasorum und Lacuna musculorum (Lücken zwischen dem Ligamentum inguinale und dem Os coxae)

Die große halbmondförmige Lücke zwischen Ligamentum inguinale und ventrokranialem Rand des Os coxae ist der Hauptverbindungsweg zwischen Abdomen und anteromedialem Oberschenkel (Abb. 6.34). Die Lücke wird durch einen Bindegewebsstrang (Arcus

iliopectineus), der vom Pecten ossis pubis schräg nach lateral zum Ligamentum inguinale verläuft und etwa am ersten Drittelpunkt in dieses einstrahlt, in eine lateral liegende Lacuna musculorum und eine medial liegende Lacuna vasorum geteilt.

- Der Musculus psoas major und der Musculus iliacus verlaufen durch die Lacuna musculorum, um als Musculus iliopsoas am Trochanter minor anzusetzen. Auch der Nervus femoralis und der Nervus cutaneus femoris lateralis verlaufen durch die Lacuna musculorum.
- Durch die Lacuna vasorum treten die Hauptgefäße der unteren Extremiät (Arteria und Vena femoralis), der Ramus femoralis des Nervus genitofemoralis sowie Lymphgefäße der unteren Extremität. Innerhalb der Lacuna vasorum liegt der Rosenmüller-Lymphknoten, der zur Gruppe der Nodi lymphoidei inguinales profundi gehört.

Nerven

Die Nerven, die von Abdomen und Becken in die untere Extremität gelangen, sind Endäste des Plexus lumbosacralis, der an der dorsalen Bauchwand und an der posterolateralen Beckenwand liegt (Abb. 6.35 und Tab. 6.1).

Der **Plexus lumbalis** wird von den Rami ventrales der Spinalnerven L1 – L3 sowie Anteile von L4 gebildet. Der übrige Anteil des Ramus ventralis aus L4 und der Ramus ventralis aus L5 bilden den **Truncus lumbosacralis**, der in die Beckenhöhle tritt, sich mit den Rami ventrales S1 – S3 und einem Teil des Ramus ventralis aus S4 verbindet und den **Plexus sacralis** bildet.

Zu den wichtigsten Nerven der unteren Extremität, die aus dem Plexus lumbosacralis hervorgehen, gehören die Nervi femoralis, obturatorius, ischiadicus, gluteus superior und gluteus inferior. Weitere Nerven des Plexus lumbosacralis, die in die untere Extremität gelangen und dort die Haut oder Muskulatur innervieren, sind der Nervus cutaneus femoris lateralis, die Nerven zu Musculus obturatorius internus und Musculus quadratus femoris, der Nervus cutaneus femoris posterior, Äste der Nervi ilioinguinalis und genitofemoralis sowie der Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis).

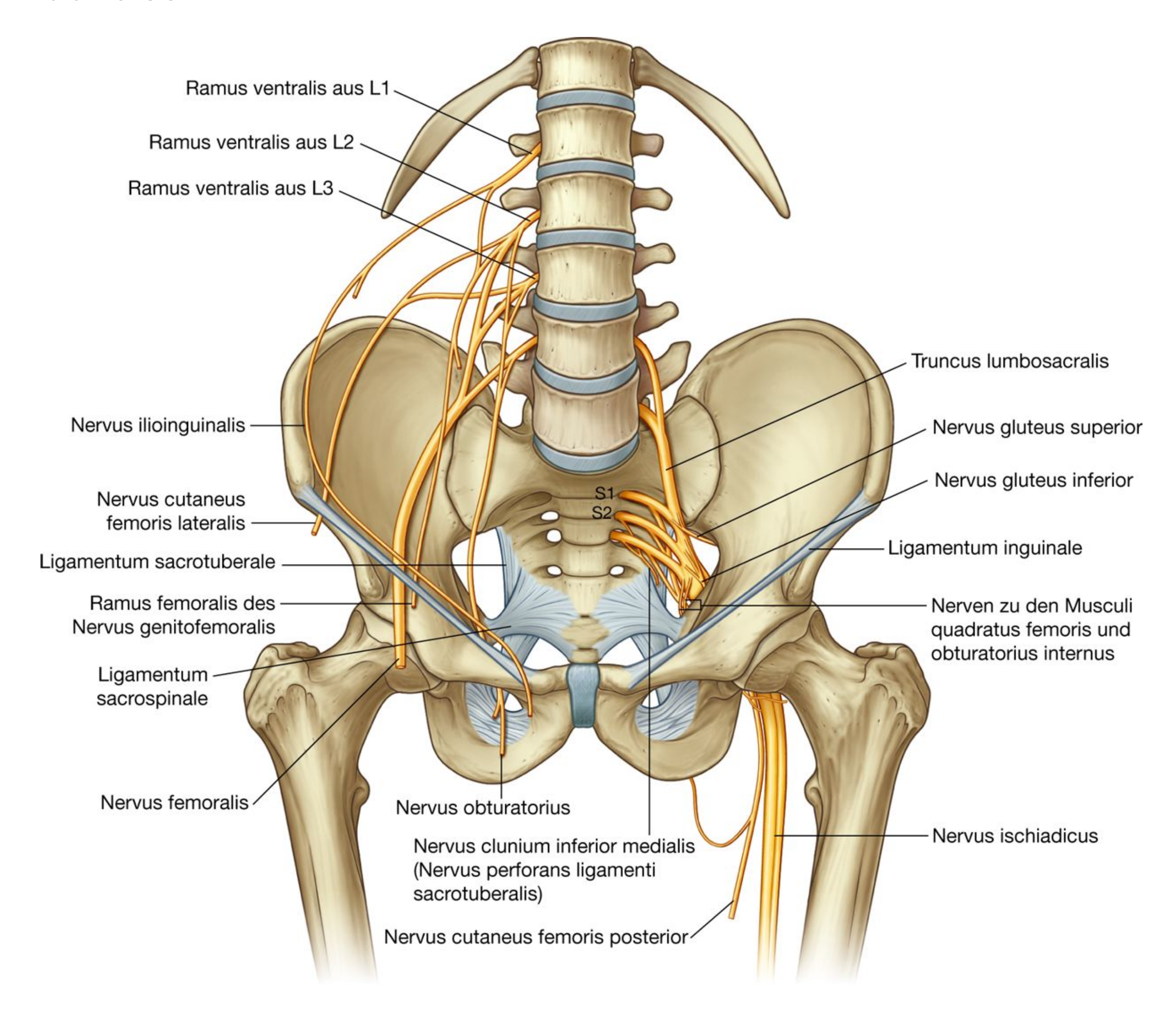
Nervus femoralis

Der **Nervus femoralis** führt Nervenfasern der Rami ventrales aus L2 – L4, verlässt das Abdomen durch die Lacuna vasorum und gelangt am anteromedialen Oberschenkel in das Trigonum femorale (Abb. 6.34). Im Trigonum femorale liegt er lateral der Arteria femoralis. Der Nervus femoralis

- innerviert alle Muskeln der ventralen Oberschenkelloge
- gibt im Abdomen Äste zum Musculus iliacus und zum Musculus pectineus ab
- innerviert die Haut über dem ventralen Oberschenkel (Rami cutanei anteriores), der anteromedialen Seite des Knies, der medialen Seite des Unterschenkels und des Fußes (über den Nervus saphenus).

514

Abb. 6.35



Äste des Plexus lumbosacralis.

Nervus obturatorius

Der **Nervus obturatorius** entspringt wie der Nervus femoralis aus den Rami ventrales L2 – L4. Er verläuft an der dorsalen Bauchwand abwärts, zieht durch das Becken und tritt durch den Canalis obturatorius in den Oberschenkel ein (Abb. 6.35). Der Nervus obturatorius innerviert

- alle Muskeln der Adduktorenloge des Oberschenkels mit Ausnahme eines Anteils des Musculus adductor magnus, der vom Os ischii kommt, und des Musculus pectineus (Anteil des Musculus adductor magnus), die vom Nervus ischiadicus bzw. vom Nervus femoralis (Musculus pectineus) innerviert werden
- den Musculus obturatorius externus
- die Haut an der medialen Oberschenkelseite.

Nervus ischiadicus

Der **Nervus ischiadicus** ist der größte Nerv des menschlichen Körpers. Er führt Fasern aus den Spinalnerven L4 – S3. Er verlässt das Becken unterhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus, zieht durch die Glutealregion (Abb. 6.35) und tritt in die dorsale Muskelloge des Oberschenkels. Hier teilt er sich in seine zwei Hauptäste:

- Nervus fibularis (peroneus) communis
- Nervus tibialis.

Die Rami dorsales aus L4 – S2 laufen im Nervus fibularis communis; die Rami ventrales aus L4 – S3 im Nervus tibialis.

Der Nervus ischiadicus innerviert

- alle Muskeln der dorsalen Oberschenkelloge (ischiokrurale Muskulatur)
- den Teil des Musculus adductor magnus, der vom Os ischii entspringt

515

516

- alle Muskeln von Unterschenkel und Fuß
- die Haut an der lateralen Seite von Unterschenkel und Fuß sowie die Haut von Fußsohle und Fußrücken.

516

Tab. 6.1 Äste des Plexus lumbosacralis, die mit der unteren Extremität assoziiert sind

Ast	Spinalsegment	Motorische Funktion	Sensible Funktion (Hautinnervation)
Nervus ilioinguinalis	L1	Keine motorische Funktion an der unteren Extremität, aber Innervation der Bauchmuskeln	Haut an der anteromedialen Seite des oberen Abschnitts des Oberschenkels und umliegende Areale des Perineums
Nervus genitofemoralis	L1, L2	Keine motorische Funktion an der unteren Extremität, bei Männern innerviert der Ramus genitalis den Musculus cremaster	Ramus femoralis: Haut im mittleren oberen Abschnitt des ventralen Oberschenkels Ramus genitalis: Haut des ventralen Perineums (ventraler Anteil des Scrotums, bzw. Mons pubis und ventrale Anteile der Labia majora pudendi)
Nervus femoralis	L2 – L4	Alle Muskeln der ventralen Muskelloge des Oberschenkels; gibt im Abdomen Äste zum Musculus iliacus und zum Musculus pectineus ab	Haut über dem ventralen Oberschenkel (Rami cutanei anteriores), dem anteromedialen Bereich des Knies, der medialen Seite des Unterschenkels und des Fußes
Nervus obturatorius	L2 – L4	Alle Muskeln der Adduktorenloge des Oberschenkels (Ausnahme: ein Teil des Musculus adductor magnus, der vom Os ischii entspringt, und des Musculus pectineus) und Musculus obturatorius externus	Hautareal an der medialen Seite des Oberschenkels
Nervus ischiadicus	L4 – S3	Alle Muskeln der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels (ischiokrurale Muskulatur); den Teil des Musculus adductor magnus der vom Os ischii entspringt; alle Muskeln von Unterschenkel und Fuß	Haut an der lateralen Seite von Unterschenkel und Fuß sowie Haut von Fußsohle und Fußrücken
Nervus gluteus superior	L4 – S1	Muskeln der Glutealregion (Musculi glutei medius und minimus und Musculus tensor fasciae latae)	
Nervus gluteus inferior	L5 – S2	Einen Muskel der Glutealregion (Musculus gluteus maximus)	
Nervus cutaneus femoris lateralis	L2, L3		Peritoneum parietale in der Fossa iliaca; Haut der anterolateralen Seite des Oberschenkels

Nervus cutaneus femoris posterior	S1 – S3		Haut am dorsalen Oberschenkel und am proximalen Unterschenkel; Haut über der Gesäßfalte (Nervi clunium inferiores), dem oberen medialen Anteil des Oberschenkels und Teile des Perineums (Rami perineales)
Nervus musculi quadrati femoris	L4 – S1	Muskeln der Glutealregion (Musculus quadratus femoris und Musculus gemellus inferior)	
Nervus musculi obturatorii interni	L5 – S2	Muskeln der Glutealregion (Musculus obturatorius internus und Musculus gemellus superior)	
Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis)	S2, S3		Haut über der medialen Gesäßfalte

Nervi glutei

Die Nervi glutei sind die motorischen Hauptnerven der Glutealregion.

Der **Nervus gluteus superior** (Abb. 6.35) enthält Anteile der Rami ventrales L4 – S1, verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus oberhalb des Musculus piriformis und innerviert

- die Musculi glutei medius und minimus
- den Musculus tensor fasciae latae

Der **Nervus gluteus inferior** wird durch Anteile aus L5 – S2 gebildet, verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und gelangt in die Glutealregion, in der er den Musculus gluteus maximus innerviert.

Nervi ilioinguinalis und genito-femoralis

Sensible Endäste des Nervus ilioinguinalis (L1) und des Nervus genitofemoralis (L1, L2) gelangen vom Plexus lumbalis in den Oberschenkel.

Der **Nervus ilioinguinalis** stammt aus dem oberen Anteil des Plexus lumbalis, zieht zwischen den Musculi transversus abdominis und obliquus internus abdominis nach kaudal, durch den Canalis inguinalis und verlässt die Bauchhöhle durch den Anulus inguinalis superficialis (Abb. 6.35). Seine Endäste innervieren die Haut an der medialen und kranialen Oberschenkelseite sowie die benachbarten Anteile des Perineums.

Der **Nervus genitofemoralis** verläuft durch den Musculus psoas major an der dorsalen Bauchwand und zieht auf der Vorderfläche des Muskels nach kaudal. Der Ramus femoralis gelangt unterhalb des Ligamentum inguinale lateral der Arteria femoralis durch die Lacuna

vasorum in den Oberschenkel. Hier innerviert er die Haut im mittleren oberen Abschnitt des ventralen Oberschenkels.

Nervus cutaneus femoris lateralis

Der **Nervus cutaneus femoris lateralis** entstammt aus den Spinalnerven L2 und L3. Er verlässt das Abdomen entweder unterhalb des Leistenbandes oder direkt durch das Leistenband (Abb. 6.35). Er innerviert die Haut an der lateralen Oberschenkelseite.

Nervus musculi quadrati femoris und Nervus musculi obturatorii interni

Der **Nervus musculi quadrati femoris** (L5 – S1) und der **Nervus musculi obturatorii interni** (L5 – S2) sind kleine motorische Nerven des Plexus sacralis. Beide Nerven verlaufen durch die Pars infrapiriformis des Foramen ischiadicum majus und gelangen dann in die Glutealregion (Abb. 6.35):

- Der Nervus musculi obturatorii interni innerviert den Musculus gemellus superior, windet sich dann um die Spina ischiadica und tritt durch das Foramen ischiadicum minus in das Perineum, um in den Musculus obturatorius internus einzutreten und ihn zu innervieren.
- Der Nervus musculi quadrati femoris innerviert den Musculus gemellus inferior und den Musculus quadratus femoris.

Nervus cutaneus femoris posterior

Der **Nervus cutaneus femoris posterior** wird aus den Spinalnerven S1 – S3 gebildet und verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis (Abb. 6.35). Er verläuft vertikal durch die Glutealregion unterhalb des Musculus gluteus maximus, tritt in den dorsalen Bereich des Oberschenkels über und innerviert

- einen langen Hautstreifen am dorsalen Oberschenkel, der bis in den proximalen Abschnitt des Unterschenkels reicht
- die Haut über der Gesäßfalte (Nervi clunium inferiores), den oberen medialen Anteil des Oberschenkels und Anteile des Perineums (Rami perineales).

Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis)

Der Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis) ist ein kleiner sensibler Ast aus S2 und S3. Er verlässt das Becken durch das Ligamentum sacrotuberale (Abb. 6.35) und verläuft um den Unterrand des Musculus gluteus maximus, um dann zusammen mit dem Nervus cutaneus femoris posterior die Haut über der medialen Gesäßfalte zu innervieren.

Arterien

Arteria femoralis

Die Hauptarterie der unteren Extremiät ist die **Arteria femoralis** (Abb. 6.36), eine Fortsetzung der Arteria iliaca externa des Abdomens. Die Arteria iliaca interna wird unterhalb

517

518

des Ligamentum inguinale in der Lacuna vasorum zur Arteria femoralis und tritt am ventralen Oberschenkel in das Trigonum femorale über. Ihre Äste versorgen den Großteil des Oberschenkels und den gesamten Unterschenkel und Fuß.

Arteria glutea superior, Arteria glutea inferior und Arteria obturatoria

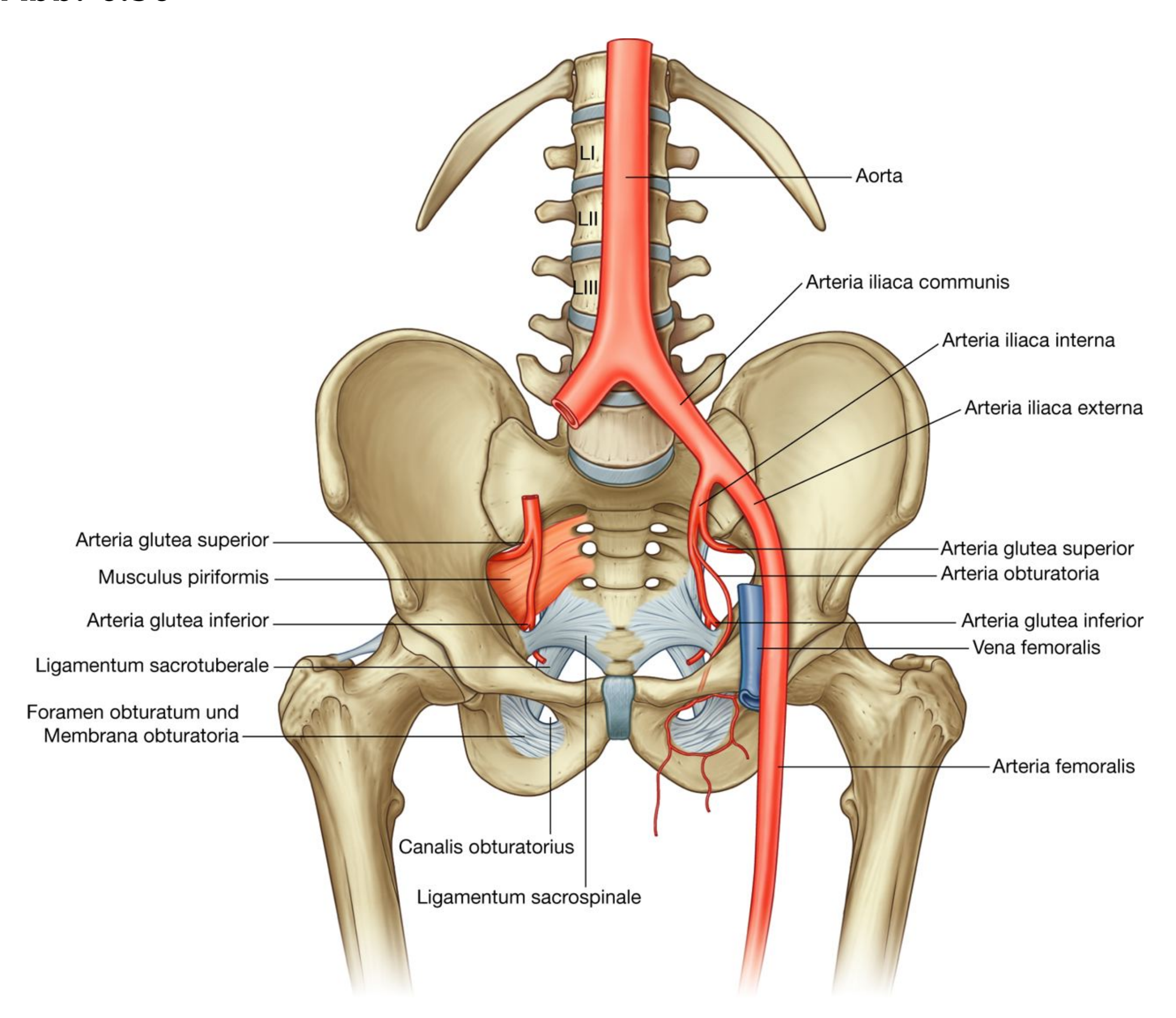
Zu den anderen Gefäßen, die Teile der unteren Extremität versorgen, gehören die Arteriae gluteae superior und inferior sowie die Arteria obturatoria (Abb. 6.36).

Die **Arteria glutea superior** und die **Arteria glutea inferior** entspringen im Becken als Äste der Arteria iliaca interna und versorgen die Glutealregion. Die Arteria glutea superior verlässt das Becken durch das Foramen ischiadicum majus oberhalb des Musculus piriformis. Die Arteria glutea inferior tritt ebenfalls durch das Foramen ischiadicum majus, allerdings unterhalb des Musculus piriformis.

Die **Arteria obturatoria** ist ebenso wie die Arteriae gluteae ein Ast der Arteria iliaca interna. Sie verläuft durch den Canalis obturatorius und tritt dann in die mediale Muskelloge des Oberschenkels ein.

Äste der Arteria femoralis, der Arteria glutea inferior, der Arteria glutea superior und der Arteria obturatoria anastomosieren mit Ästen der Arteria pudenda interna und bilden ein Gefäßnetzwerk im kranialen Bereich des Oberschenkels und am Gesäß. *Dieses Netzwerk kann Kollateralkreisläufe ausbilden, wenn eine der Arterien unterbrochen ist.*

Abb. 6.36



Arterien der unteren Extremität.

Eine Verbindungsarterie zwischen Arteria obturatoria und Arteria femoralis ist der Ramus obturatorius. *Ist der Ramus obturatorius kräftig ausgebildet, wird er auch als Arteria corona mortis oder kurz* ***„Corona mortis"*** *(die Todeskrone) bezeichnet. Der Begriff rührt von früher, als es im Rahmen von Leistenhernienoperationen bei Unkenntnis des kräftig ausgebildeten Verbindungsastes zu Verletzungen mit Verbluten des Patienten kam.*

518

519

Venen

Die untere Extremität wird von oberflächlichen und tiefen Venen drainiert.

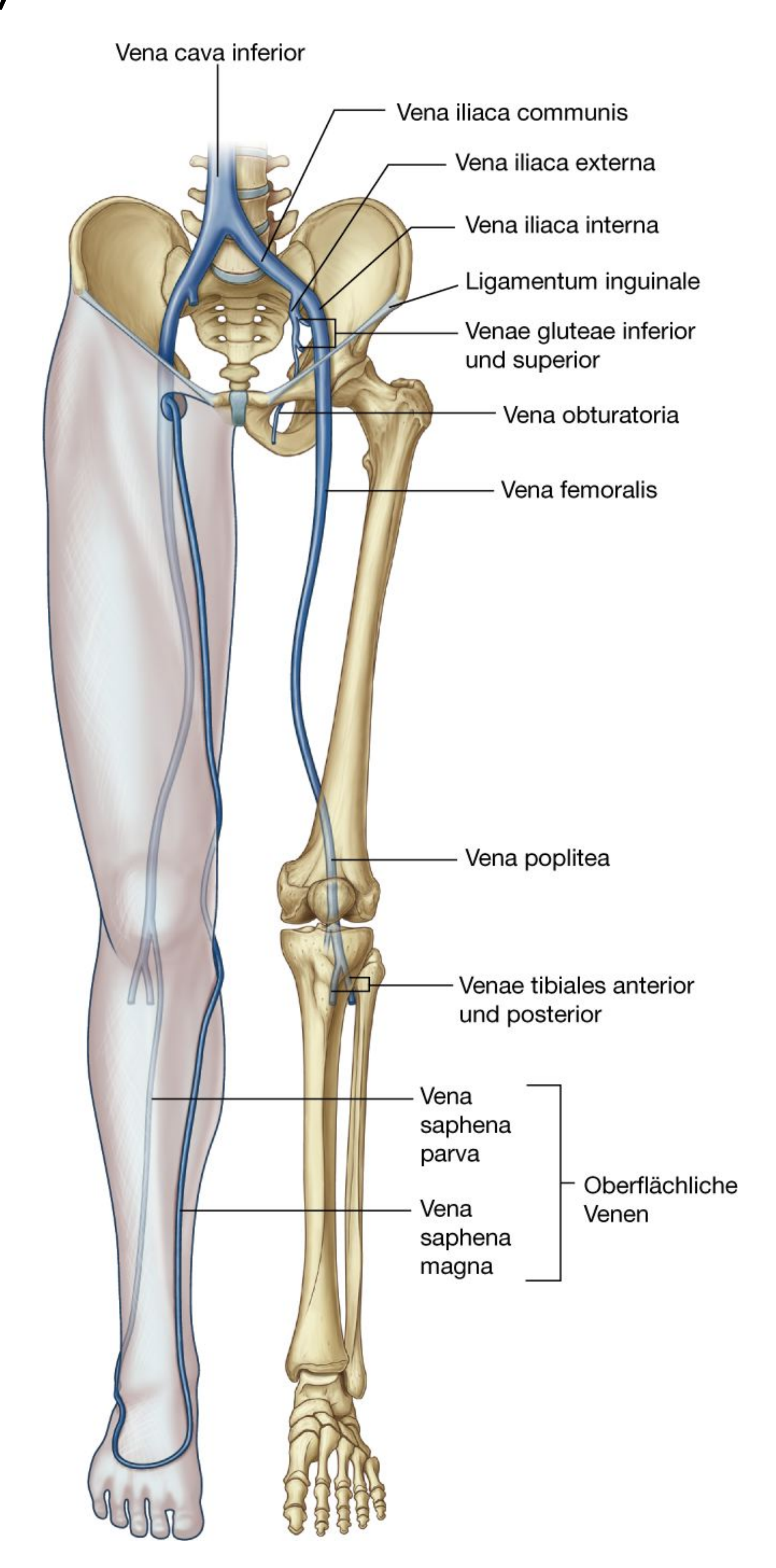
Die tiefen Venen folgen in der Regel dem Verlauf der Arterien (Arteria femoralis, Arteria glutea superior, Arteria glutea inferior, Arteria obturatoria). Die Hauptvene der unteren Extremität ist die **Vena femoralis** (Abb. 6.37). Sie wird unterhalb des Ligamentum inguinale zur Vena iliaca und tritt durch die Lacuna vasorum in das Abdomen.

Die oberflächlichen Venen verlaufen im subkutanen Bindegewebe, stehen in Verbindung mit und drainieren in die tiefen Venen (Abfluss von oberflächlich nach tief). Die oberflächlichen

Venen bilden zwei Hauptabflusswege: die Vena saphena magna und die Vena saphena parva. Beide Venen entspringen am Arcus venosus dorsalis pedis (Venengeflecht auf dem Fußrücken):

- Die **Vena saphena magna** entspringt an der medialen Seite des Arcus venosus dorsalis pedis, zieht an der medialen Seite von Unterschenkel, Knie und Oberschenkel nach kranial und mündet kurz unterhalb des Ligamentum inguinale am Hiatus saphenus in die Vena femoralis.
- Die **Vena saphena parva** entspringt an der lateralen Seite des Arcus venosus dorsalis pedis, zieht auf der Dorsalseite des Unterschenkels bis zum Knie, durchbricht die Fascia poplitea und mündet in die Vena poplitea. Die Vena poplitea wird weiter kranial zur Vena femoralis.

Abb. 6.37



Venen der unteren Extremität.

Klinik

Varizen (Krampfadern)

Der normale Blutabfluss der unteren Extremität erfolgt von der Haut und Subcutis zu den oberflächlichen Venen, die über Venae perforantes in die tiefen Venen der unteren Exremität drainieren. Das tiefe venöse System der unteren Extremität drainiert das Blut dann letztendlich zur Vena iliaca und Vena cava inferior.

Der normale venöse Blutfluss hängt von der Funktionsfähigkeit der Venenklappen ab, die einen Reflux des venösen Blutes verhindern. Der normale Rückfluss wird durch Muskelkontraktionen und durch den Arterienpuls (an der unteren Extremität liegen die Arterien meist zwischen zwei Venen) unterstützt, die das Blut in Richtung Herz pumpen. Bei Insuffizienz der Venenklappen geraten die distal gelegenen Venenklappen unter immer stärkeren Druck (bis zu 80 mmHg) und werden schließlich ebenfalls insuffizient. Der dadurch auftretende venöse Blutstau führt zur Verdickung und Schlängelung des oberflächlichen Venensystems (Ausbildung von Varizen im Verlauf der Venae saphenae magna und parva).

Varizen (Krampfadern) treten bei Frauen häufiger auf als bei Männern. Die Symptome werden im Rahmen einer Schwangerschaft häufig noch verstärkt. Manchmal besteht eine genetische Prädisposition für Varizen. Venenklappen können auch nach tiefen Beinvenenthrombosen insuffizient werden. Während des Heilungsprozesses und der Rekanalisation der Vene wird die Klappe zerstört und bleibt dann insuffizient.

Typische Lokalisationen für eine Venenklappeninsuffizienz sind die Verbindungsstellen der Vena saphena magna und ihrer Zuflüsse am Unterschenkel (sog. Bogenvenen) mit der Vena femoralis, die Venae perforantes am mittleren Oberschenkel und die Verbindungsstelle der Vena saphena parva mit der Vena poplitea. Einige der Verbindungsvenen sind mit Eigennamen versehen; sie werden nach Boyd, Dodd und Cockett (I, II, III) bezeichnet.

Varizen können sehr unansehnlich sein und bei chronischer venöser Insuffizienz zu Bindegewebsveränderungen führen. Wenn der venöse Druck steigt, steigt auch der kapilläre Gewebedruck. Es kommt zu Zelluntergängen, sodass Blut und Blutprodukte in das Gewebe austreten können. Als Folge kann es zu einer braunen Pigmentierung der Haut mit der Ausbildung venöser Ekzeme kommen. Ferner können sich bei dauerhafter venöser Druckerhöhung venöse Ulzera (Ulcera cruris) ausbilden, die nur sehr schwer abheilen.

Behandlungsmöglichkeiten sind das „Venenstripping“ (Entfernung der Varizen) und gelegentlich eine Rekonstruktion der Venenklappen.

Klinik

Tiefe Beinvenenthrombose

In den tiefen Beinvenen und in den Beckenvenen können Thrombosen entstehen. Ihre Ätiologie wurde von Virchow beschrieben, der die klassische Trias aus venöser Stauung,

Verletzung des Gefäßendothels und Hyperkoagulabilität als Vorläufer einer Thrombose erkannte.

Bei manchen Patienten kann sich eine tiefe Venenthrombose (TVT) des Unterschenkels in die Femoralvenen fortsetzen. Der Thrombus kann sich dann lösen, über das Herz in die Lungenstrombahn gelangen und hier eine Lungenarterienembolie verursachen, die zum Herz-Kreislauf-Stillstand und Tod des Patienten führen kann.

Zahlreiche Patienten, die sich einer Operation unterziehen, können eine TVT entwickeln. Daher wird präoperativ meist eine Thromboseprophylaxe durchgeführt. Typische Maßnahmen sind die Antikoagulanziengabe und das Tragen von Thrombosestrümpfen (um die Stase in den tiefen Beinvenen zu verhindern und zur Verbesserung der Entleerung der tiefen Venen beizutragen).

Obwohl der Arzt bestrebt ist, die Bildung tiefer Venenthrombosen zu verhindern, kann die Diagnose von TVT schwierig sein, da gegebenenfalls keine Symptome auftreten. Verhärtung der Wadenmuskulatur, postoperatives Fieber und Schwellungen der unteren Extremität können Hinweise sein. Die Diagnose wird mittels Doppler-Sonographie oder Phlebographie gesichert.

Bestätigt sich der Verdacht auf eine TVT, werden orale und intravenöse Antikoagulanzien verabreicht, um ein Fortschreiten der Symptomatik zu verhindern.

520

521

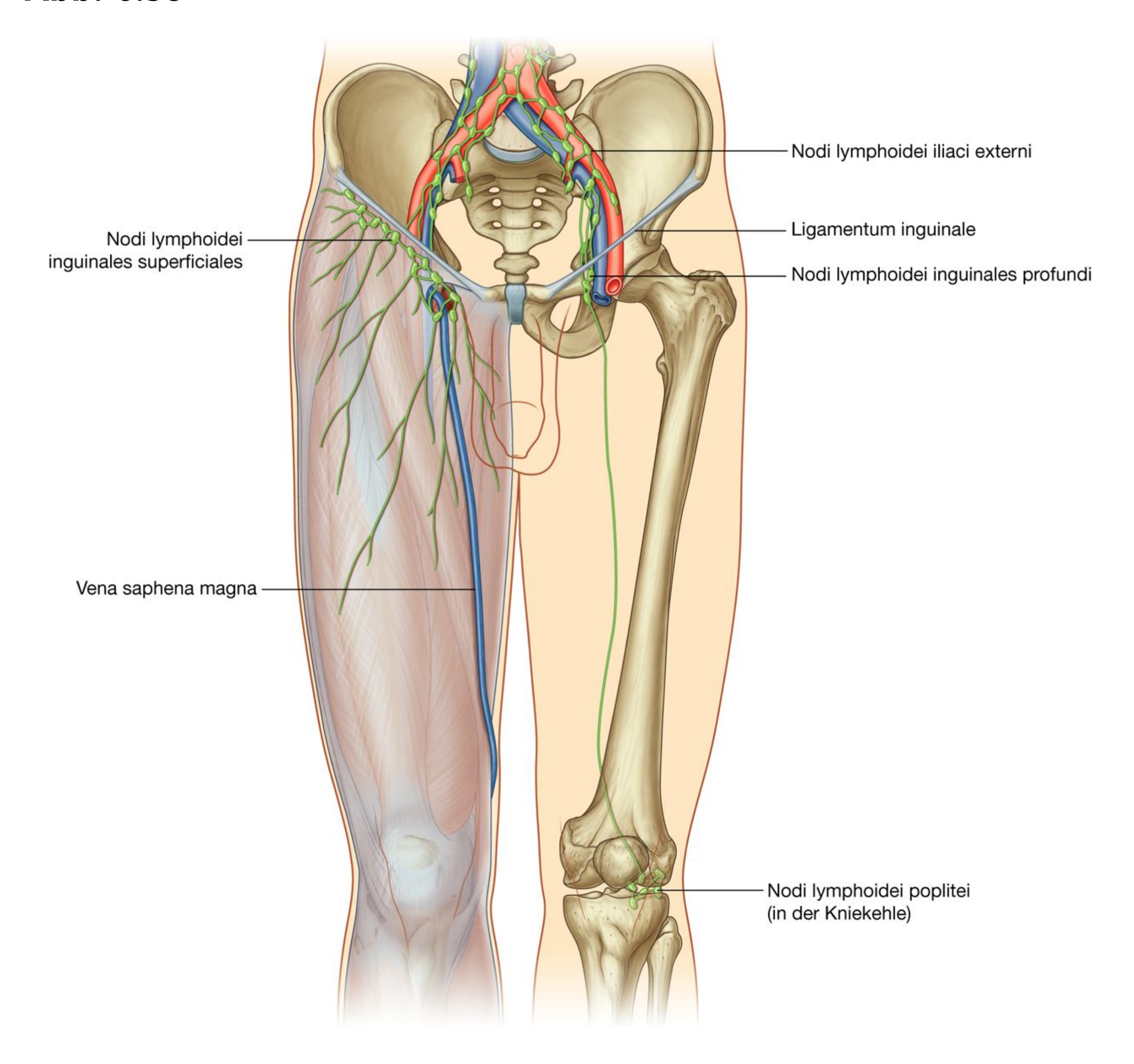
Lymphgefäße

Die meisten Lymphgefäße der unteren Extremität drainieren in die oberflächlichen und tiefen inguinalen Lymphknoten unterhalb des Ligamentum inguinale (Abb. 6.38).

Nodi lymphoidei inguinales superficiales

Die oberflächlichen inguinalen Lymphknoten **(Nodi lymphoidei inguinales superficiales)** bestehen aus etwa zehn Lymphknoten oberhalb der Fascia lata (Oberschenkelfaszie), die parallel (horizontale Gruppe) und vertikal (vertikale Gruppe) zum Ligamentum inguinale am Oberschenkel angeordnet sind. Medial reichen sie bis an den Endabschnitt der Vena saphena magna.

Abb. 6.38



Lymphsystem der unteren Extremität.

Die oberflächlichen inguinalen Lymphknoten erhalten Lymphe aus der Regio glutealis, der unteren Bauchwand (unterhalb des Bauchnabels), dem Perineum, der Haut der äußeren Geschlechtsorgane und den oberflächlichen Regionen der unteren Extremität. Bei der Frau nehmen die Nodi lymphoidei inguinales superficiales auch Lymphe vom Uterus auf, die via Lymphgefäß im Ligamentum teres uteri durch den Leistenkanal zu den großen Schamlippen gelangt und von hier in die Leistenlymphknoten drainiert wird. Die Nodi lymphoidei inguinales superficiales drainieren weiter über Lymphgefäße, die mit der Vena femoralis verlaufen, in die **Nodi lymphoidei iliaci externi**, die mit der Vena iliaca externa im Abdomen assoziiert sind.

521

Nodi lymphoidei inguinales profundi

Die meist drei tiefen inguinalen Lymphknoten **(Nodi lymphoidei inguinales profundi)** liegen medial der Vena femoralis (Abb. 6.38). Hierzu gehört auch der Rosenmüller-Lymphknoten in der Lacuna vasorum.

Die tiefen inguinalen Lymphknoten erhalten Lymphe aus den tiefen Lymphgefäßen der unteren Extremität, die mit den Femoralgefäßen verlaufen, und von der Glans penis (oder clitoridis) des Perineum. Sie stehen mit den oberflächlichen inguinalen Lymphknoten in Verbindung und drainieren ebenfalls in die Nodi lymphoidei iliaci externi, und zwar über Lymphgefäße, die an der medialen Seite der Vena femoralis unterhalb des Ligamentum inguinale in der Lacuna vasorum verlaufen.

Nodi lymphoidei poplitei

Außer den inguinalen Lymphknoten kommt eine Gruppe von tiefen Lymphknoten in der Kniekehle nahe der Vena poplitea (Abb. 6.38) vor. Diese **Nodi lymphoidei poplitei** erhalten Lymphe aus den oberflächlichen Lymphgefäßen, die mit der Vena saphena parva verlaufen, und aus tieferen Regionen von Unterschenkel und Fuß. Sie drainieren dann letztendlich in die tiefen und oberflächlichen inguinalen Lymphknoten.

Oberschenkelfaszie und Hiatus saphenus

Fascia lata

Die Faszie der unteren Extremität bildet eine dicke „strumpfartige“ Bindegewebsmembran, die das Bein umschließt und unterhalb der oberflächlichen Faszie liegt (Abb. 6.39A). Diese tiefe Faszie ist vor allem am Oberschenkel und in der Glutealregion sehr kräftig und wird als **Fascia lata** bezeichnet.

Die Fascia lata ist kranial mit dem Knochen und den Weichgeweben verbunden, die das obere Ende der unteren Extremität bilden. Von anterior nach lateral um das Bein herum enthält die Linie, die die Grenze der unteren Extremität markiert, das Ligamentum inguinale, die Crista iliaca, das Os sacrum, das Os coccygis, das Ligamentum sacrotuberale, den Ramus inferior ossis pubis und den Ramus superior ossis pubis.

Kaudal geht die Fascia lata in die Unterschenkelfaszie über.

Tractus iliotibialis

Lateral bildet die Fascia lata einen verdickten, bis zu 10 cm breiten Längsstreifen **(Tractus iliotibialis)**, der am lateralen Oberschenkel von der Crista iliaca zum Tuberculum tractus iliotibialis des Condylus lateralis tibiae (Tuberculum Gerdy) abwärts verläuft (Abb. 6.39B). Der Tractus iliotibialis bildet ein Zuggurtungssystem (durch Bänder und Muskeln) für das Hüftgelenk, in das der Musculus tensor fasciae latae integriert ist. Der Tractus zieht über den

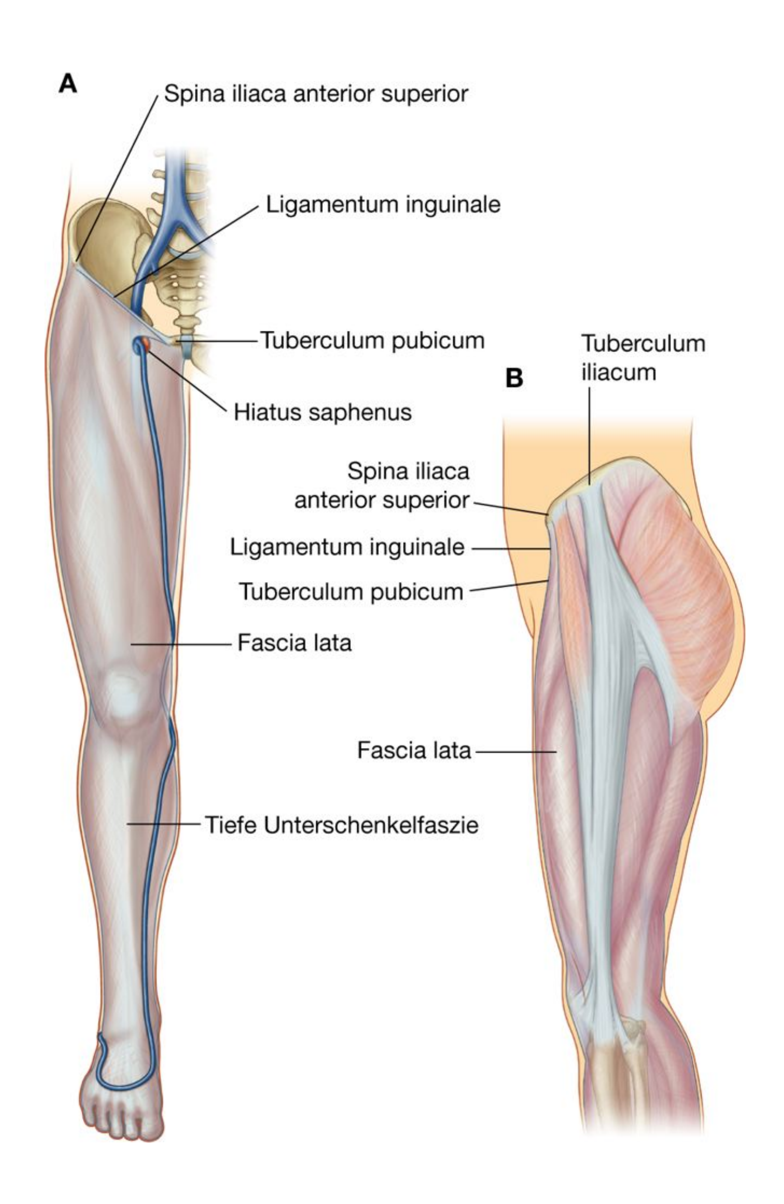
Trochanter major. Dabei setzt er die Biegebeanspruchung des Femurs herab und reduziert die auf das Hüftgelenk wirkende Körperlast.

Der obere Anteil der Fascia lata, der sich in der Glutealregion befindet, teilt sich und umschließt ventral den Musculus tensor fasciae latae und dorsal den Musculus gluteus maximus:

- Der Musculus tensor fasciae latae ist größtenteils in den Tractus iliotibialis integriert und inseriert ventrokranial am Tractus.
- Der Großteil des Musculus gluteus maximus inseriert am dorsalen Rand des Tractus iliotibialis.
- Der Musculus vastus lateralis ist mit seiner Faszie am Tractus iliotibialis fixiert.

Der Musculus tensor fasciae latae und der Musculus gluteus maximus stabilisieren das Hüftgelenk durch ihren Ansatz am

Abb. 6.39



Fascia lata. **A**. Rechtes Bein. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von lateral.

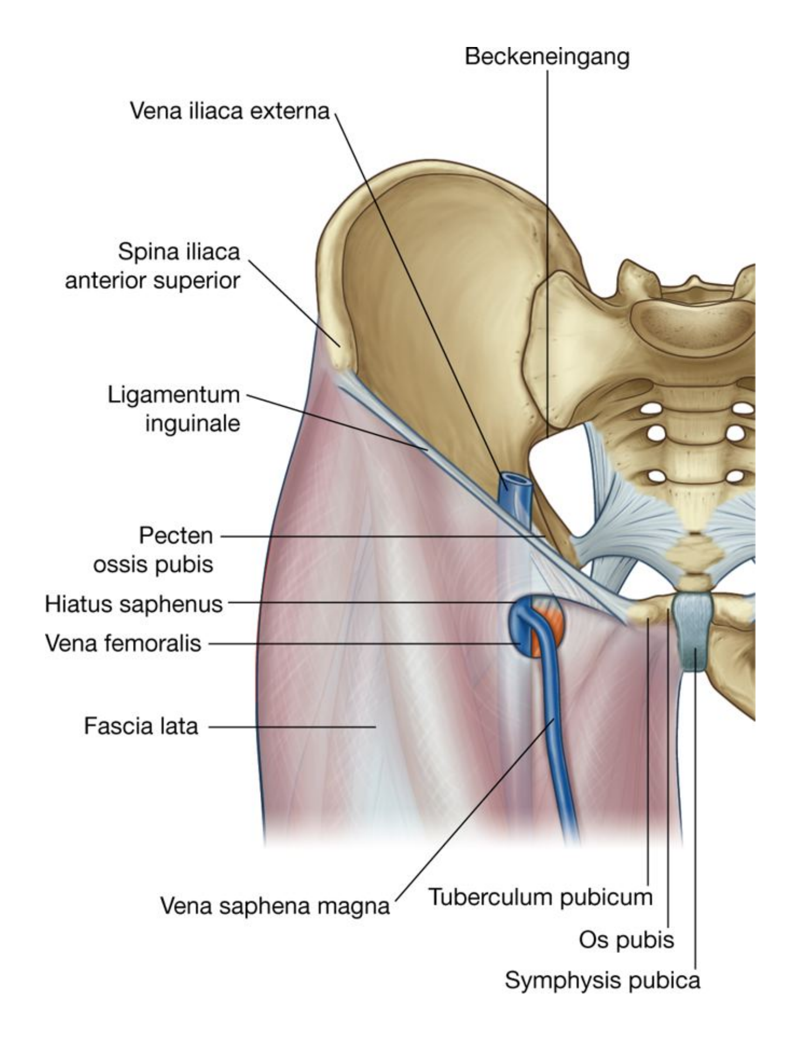
Tractus iliotibialis in der Frontalebene, indem sie verhindern, dass sich das proximale Ende des Femurs vom Acetabulum wegbewegt. Außerdem halten die beiden Muskeln das Bein über den Tractus iliotibialis in Extensionsstellung, nachdem andere Muskeln das Bein im Kniegelenk gestreckt haben. Der Tractus iliotibialis führt bei Spannung ebenfalls zu einer Belastung des Femorotibialgelenks.

Hiatus saphenus

Die Fascia lata besitzt am ventralen Oberschenkel eine Öffnung (und wird hier auch als Fascia cribrosa bezeichnet) unterhalb des medialen Anteils des Ligamentum inguinale **(Hiatus saphenus** oder **Venenstern)**. Durch diese Öffnung können die Vena saphena magna und andere epifasziale Venen (Vena epigastrica superficialis, Vena circumflexa ilium superficialis, Venae pudendae externae, Venae femorales anteriores) in die Vena femoralis abfließen (Abb. 6.40).

Der Rand des Hiatus saphenus wird vom freien medialen Ende der Fascia lata gebildet, das sich lateral vom Ligamentum inguinale um die Vena saphena magna und medial um die Vena femoralis windet, um dann am Pecten ossis pubis anzusetzen.

Abb. 6.40

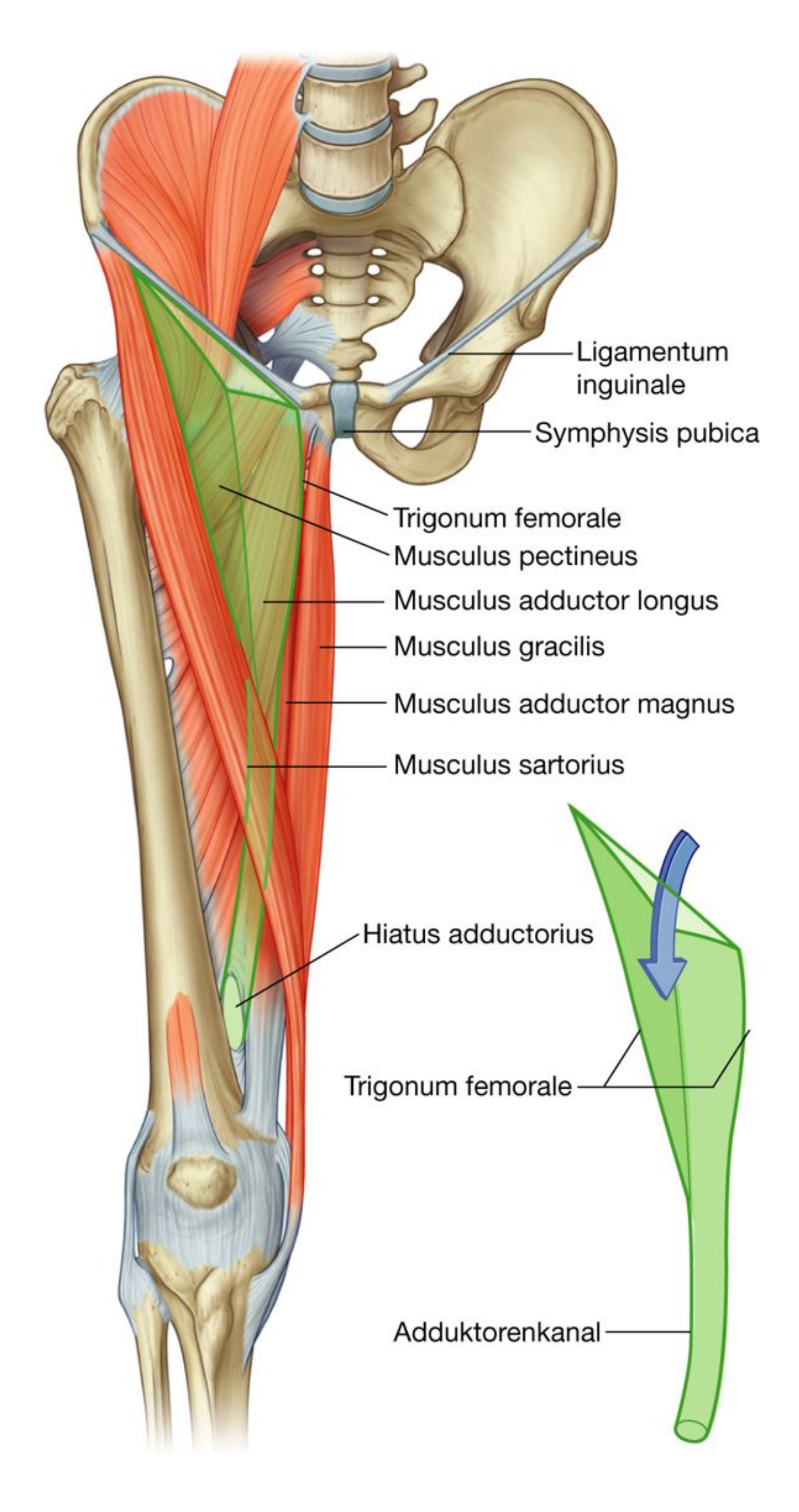


Hiatus saphenus. Ansicht von ventral.

Trigonum femorale

Das Trigonum femorale (Schenkeldreieck) ist eine keilförmige Vertiefung an der Grenze der ventralen Bauchwand zur unteren Extremität. Sie wird von Muskeln im Bereich des oberen Oberschenkels gebildet (Abb. 6.41):

Abb. 6.41



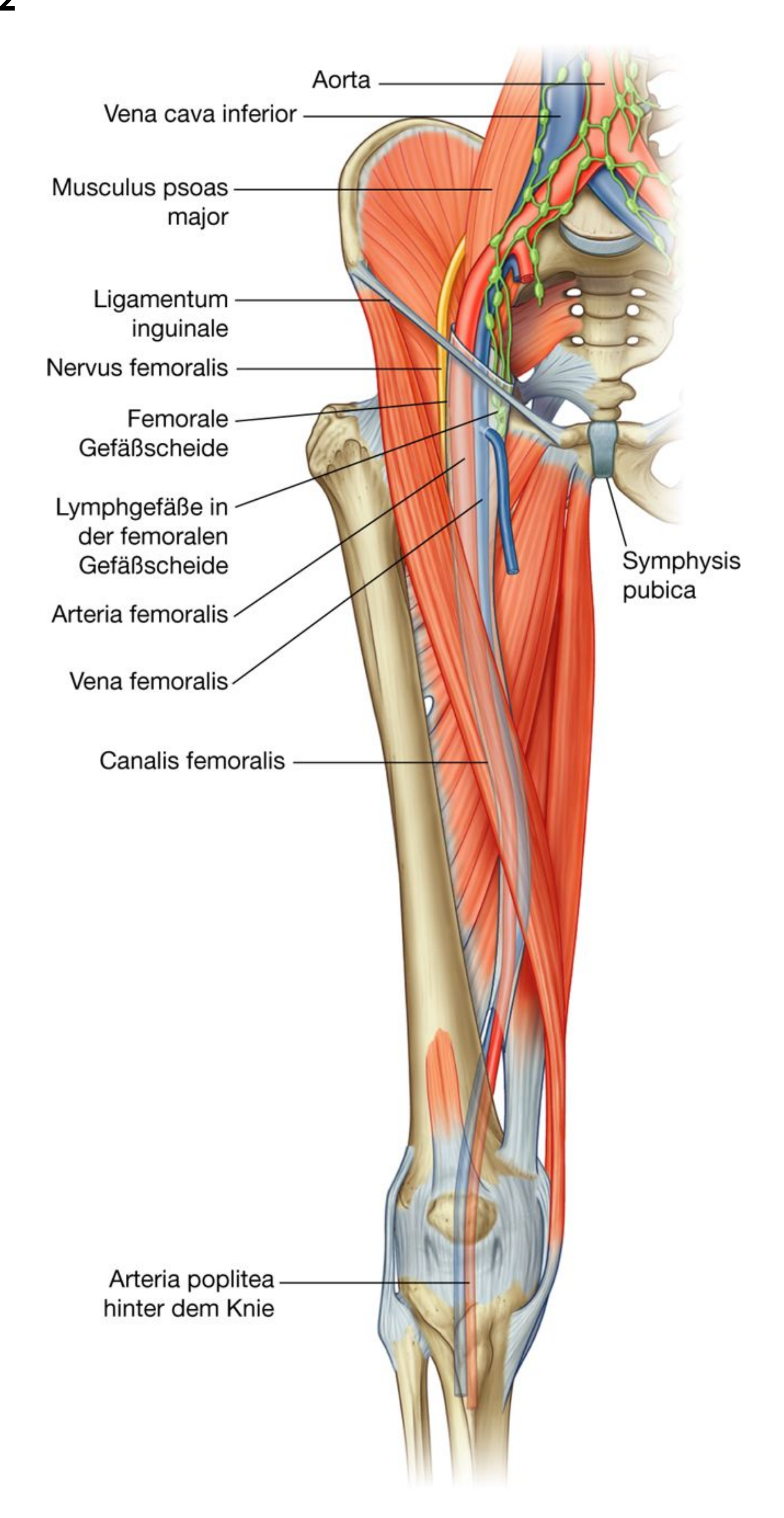
Begrenzungen des Trigonum femorale.

- Die Basis des Dreiecks bildet das Ligamentum inguinale.
- Die mediale Begrenzung ist der mediale Rand des Musculus adductor longus.
- Die laterale Begrenzung ist der mediale Rand des Musculus sartorius aus der ventralen Muskelloge.
- Der Boden des Dreiecks wird medial durch den Musculus pectineus und den Musculus adductor longus sowie lateral durch den Musculus iliopsoas gebildet.
- Die Spitze des Trigonum femorale zeigt nach kaudal und steht mit einem Faszienschlauch **(Adduktorenkanal)** in Verbindung, der medial am Unterschenkel herabläuft, um sich dann dorsal durch den Hiatus adductorius (zwischen Musculus adductor magnus und Femur) in die Fossa poplitea zu öffnen.

523
524

Der Nervus femoralis, die Arteria femoralis, die Vena femoralis und Lymphgefäße ziehen unterhalb des Ligamentum inguinale zwischen Abdomen und unterer Extremität durch die Lacuna vasorum und anschließend durch das Trigonum femorale (Abb. 6.42). Arteria und Vena femoralis verlaufen dann noch weiter durch den Adduktorenkanal, werden in der Kniekehle per definitionem zu Arteria und Vena poplitea und treffen dort auf Äste des Nervus ischiadicus, der am dorsalen Oberschenkel herabläuft.

Abb. 6.42



Inhalt des Trigonum femorale.

Die Hauptstrukturen des Trigonum femorale sind von lateral nach medial der Nervus femoralis, die Arteria femoralis, die Vena femoralis und Lymphgefäße. *Die Arteria femoralis kann im Trigonum femorale unterhalb des Leistenbandes etwa in der Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphyse palpiert werden.*

Klinik

Gefäßzugänge an der unteren Extremität

Unterhalb des Ligamentum inguinale liegen die Arteria und Vena femoralis. Die Arteria femoralis lässt sich in ihrem Verlauf über dem Caput femoris tasten und mittels Doppler-Sonographie leicht darstellen. Wenn schnell ein arterieller oder venöser Zugang gebraucht wird, können diese Gefäße punktiert werden.

Viele radiologische Prozeduren erforden die Katheterisierung der Femoralgefäße, um zur kontralateralen unteren Extremität, zur ipsilateralen unteren Extremität, zu den Thoraxgefäßen, den Abdominalgefäßen und den Zerebralgefäßen Zugang zu erhalten.

Kardiologen benutzen die Arteria femoralis, um Katheteruntersuchungen von Aorta und Herzkranzgefäßen bei der Koronarangiographie oder plastie durchzuführen (sog. Herzkatheteruntersuchung).

Der Zugang über die Vena femoralis ermöglicht das Vorschieben von Kathetern in die Venae renales, die Gefäße der Gonaden, das rechte Herz und die Arteria pulmonalis sowie die distalen Gefäße des Pulmonalkreislaufs. Auch ein Zugang zur Vena cava superior und zu den großen Halsgefäßen ist möglich.

Femorale Gefäßscheide

Die Vena und Arteria femoralis und die dazugehörigen Lymphgefäße sind im Trigonum femorale von einem Faszienschlauch umgeben **(femorale Gefäßscheide)**. Diese Gefäßscheide geht kranial in die Fasciae transversalis und iliaca des Abdomens über und verbindet sich kaudal mit dem Bindegewebe, das die Gefäße umgibt. Jede der drei Strukturen liegt innerhalb der Gefäßscheide nochmals in einer eigenen Faszienloge. Am weitesten medial liegt die Faszienloge der Lymphgefäße (Canalis femoralis), die konisch geformt ist. Die obere Öffnung dieses Faszienschlauchs ist eine mögliche Schwachstelle im Bereich des unteren Abdomens, an der Femoralhernien auftreten können. Der Nervus femoralis liegt lateral von der Gefäßscheide und ist nicht darin eingeschlossen.

524
525

GLUTEALREGION

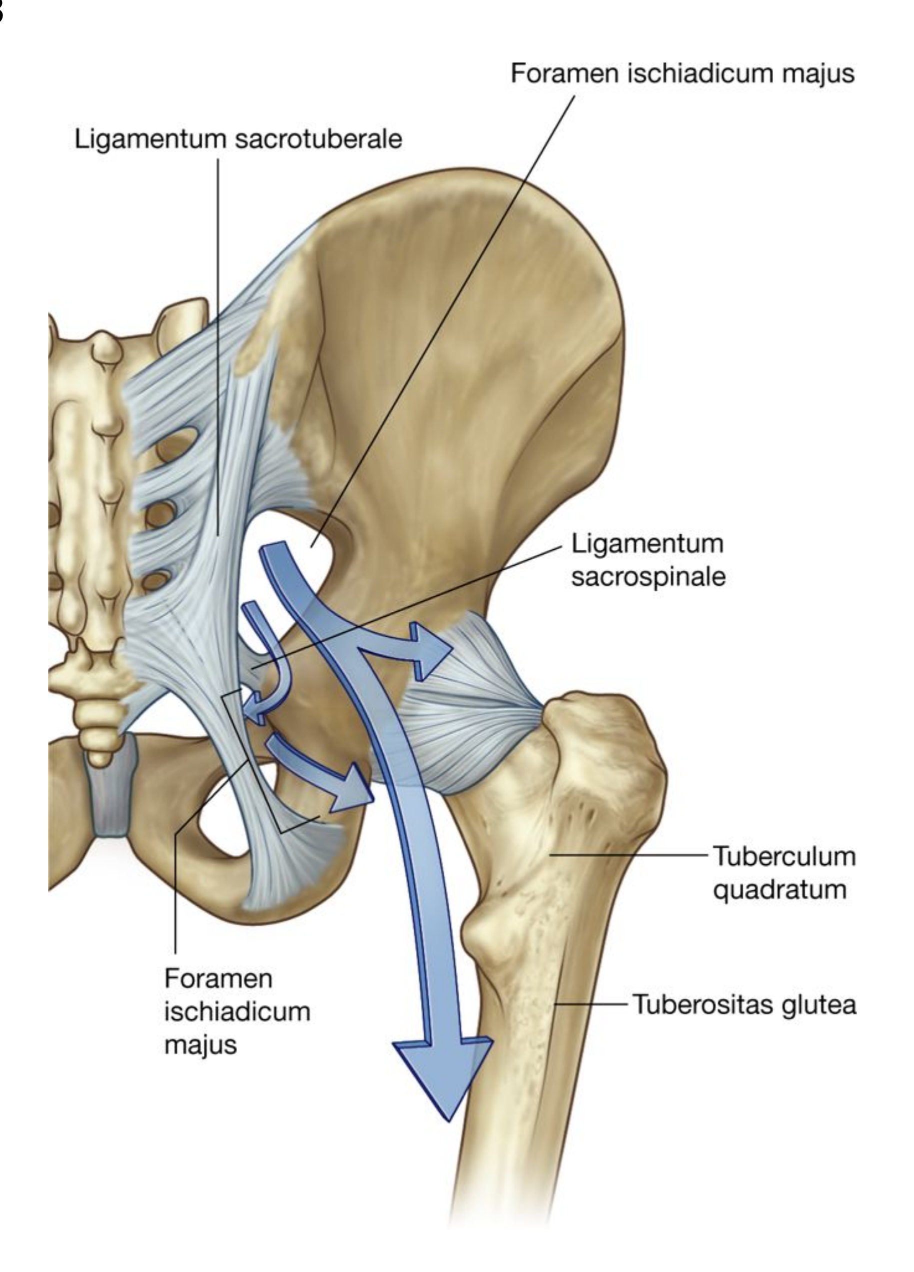
Die Glutealregion liegt posterolateral des knöchernen Beckens und des proximalen Femurendes (Abb. 6.43). Die Muskeln dieser Region können das Femur gegenüber dem Becken abduzieren, extendieren (retrovertieren) und außenrotieren.

Die Glutealregion steht ventral über das Foramen ischiadicum majus und das Foramen ischiadicum minus mit der Beckenhöhle und dem Perineum in Verbindung. Kaudal geht sie in den dorsalen Oberschenkel über.

Der Nervus ischiadicus gelangt durch das Foramen ischiadicum majus in das Bein, zieht durch die Glutealregion nach kaudal in den Oberschenkel und weiter nach kaudal durch Unterschenkel und Fuß.

Der Nervus pudendus und die Arteria und Vena pudenda interna gelangen vom Becken durch das Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion und dann durch das Foramen ischiadicum minus in das Perineum. Der Nervus musculi obturatorii interni und der Nerv, der den Musculus gemellus superior innerviert, verlaufen ähnlich. Weitere Nerven und Gefäße, die aus der Beckenhöhle durch das Foramen ischiadicum majus treten, versorgen die Strukturen der Glutealregion.

Abb. 6.43



Glutealregion. Ansicht von dorsal.

Muskulatur

Die Muskeln der Glutealregion (Tab. 6.2) werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- eine Gruppe mit tief liegenden kleinen Muskeln, die vor allem Femur und Hüftgelenk außenrotieren. Dazu gehören die Musculi piriformis, obturatorius internus, gemellus superior, gemellus inferior und quadratus femoris.
- eine eher oberflächliche Gruppe von großen Muskeln, die vor allem die Hüfte abduzieren. Dazu gehören die Musculi gluteus minimus, gluteus medius und gluteus maximus. Ein weiterer Muskel dieser Gruppe, der Musculus tensor fasciae latae, stabilisiert das Knie bei der Streckung über den Tractus iliotibialis, der als Verstärkung der Fascia lata am lateralen Oberschenkel herabläuft und an der proximalen Tibia ansetzt.

Zwischen der oberflächlichen und tiefen Gruppe der Glutealmuskeln liegen mehrere Nerven der Glutealregion.

Tiefe Gruppe

Musculus piriformis

Der **Musculus piriformis** ist der am weitesten kranial liegende Muskel der tiefen Gruppe (Abb. 6.44). Er ist sowohl ein Muskel der Beckenwand als auch der Glutealregion. Er entspringt von den Foramina sacralia anteriora II – IV der Facies pelvica des Os sacrum und läuft nach kaudolateral durch das Foramen ischiadicum majus.

In der Glutealregion verläuft der Muskel dorsal des Hüftgelenks und setzt an der Spitze des Trochanter major an.

Der Musculus piriformis bewirkt eine Außenrotation und Extension des Hüftgelenks und wird durch den Nervus musculi piriformis des Plexus sacralis innerviert (S1/S2).

Außer seiner Funktion am Hüftgelenk ist der Musculus piriformis ein wichtiger Orientierungspunkt der Glutealregion, da er das Foramen ischiadicum majus in zwei Regionen teilt: eine oberhalb und eine unterhalb des Musculus piriformis. Nerven und Gefäße verlaufen zwischen Becken und Glutealregion entweder oberhalb oder unterhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus:

- Der Nervus gluteus superior und die Arteria und Vena glutea superior verlaufen oberhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus.
- Alle anderen Gefäße und Nerven, die zwischen Becken und Glutealregion verlaufen, einschließlich des Nervus ischiadicus ziehen unterhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus

Musculus obturatorius internus

Der **Musculus obturatorius internus** ist wie der Musculus piriformis ein Muskel der Beckenwand und der Glutealregion (Abb. 6.44). Er ist ein flacher, fächerförmiger Muskel, der von der Innenseite der Membrana obturatoria und dem umgebenden Knochen des Foramen ischiadicum majus (Corpus und Ramus ossis ischii, Ramus inferior ossis pubis) entspringt. Da der Beckenboden an einem verdickten Faszienstrang an der medialen Oberfläche des Musculus obturatorius internus ansetzt, bildet der Musculus obturatorius internus

525

Tab. 6.2 Muskeln der Glutealregion (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus piriformis	Foramina sacralia anteriora II bis IV der Facies pelvica des Os sacrum	Spitze des Trochanter major	Nerv zum Musculus piriformis des Plexus sacralis L5, **S1**, S2	Außenrotation des gestreckten Femurs, Abduktion des gebeugten Femurs im Hüftgelenk
Musculus obturatorius internus	Corpus und Ramus ossis ischii, Ramus inferior ossis pubis und Membrana obturatoria	Fossa trochanterica	Nervus musculi obturatorii interni (L5, **S1)**	Außenrotation des gestreckten Femurs, Abduktion des gebeugten Femurs im Hüftgelenk
Musculus gemellus superior	Außenfläche der Spina ischiadica	Am Oberrand der Sehne des Musculus obturatorius internus und zusammen mit der Sehne an der Fossa trochanterica	Nervus musculi obturatorii interni (L5, S1)	Außenrotation des gestreckten Femurs, Abduktion des gebeugten Femurs im Hüftgelenk
Musculus gemellus inferior	Oberer Anteil des Tuber ischiadicum	Am Unterrand der Sehne des Musculus obturatorius internus und zusammen mit der Sehne an der Fossa trochanterica	Nervus musculi quadrati femoris (L5, S1)	Außenrotation des gestreckten Femurs, Abduktion des gebeugten Femurs im Hüftgelenk
Musculus quadratus femoris	Lateraler Anteil des Tuber ischiadicum	Tuberculum quadratum der Crista intertrochanterica	Nervus musculi quadrati femoris (L5, S1)	Außenrotation und Adduktion im Hüftgelenk
Musculus gluteus minimus	Außenfläche des Os ilium zwischen Linea glutea inferior und Linea glutea anterior	Anterolaterale Oberfläche des Trochanter major	Nervus gluteus superior **(L4, L5, S1)**	Abduktion des Beins im Hüftgelenk und Stabilisierung des Standbeins in der Frontalebene während der Schwungphase des kontralateralen Beins beim Gehen

Musculus gluteus medius	Außenfläche des Os ilium zwischen Linea glutea anterior und Linea glutea posterior sowie Labium externum der Crista iliaca	Laterale Fläche des Trochanter major	Nervus gluteus superior **(L4, L5, S1)**	Abduktion des Beins im Hüftgelenk und Stabilisierung des Standbeins in der Frontalebene während der Schwungphase des kontralateralen Beins beim Gehen
Musculus gluteus maximus	Os ilium hinter der Linea glutea posterior, entlang der Hinterfläche des Os sacrum und der lateralen Fläche des Os coccygis bis zur Außenfläche des Ligamentum sacrotuberale, Fascia thoracolumbalis	Tuberositas glutea, Labium laterale der Linea aspera, Tractus iliotibialis, Fascia lata	Nervus gluteus inferior **(L5, S1, S2)**	Kräftiger Extensor des gebeugten Hüftgelenks; Stabilisierung von Hüfte und Knie in der Sagittalebene
Musculus tensor fasciae latae	Äußere Grenze der Crista iliaca, direkt hinter der Spina iliaca anterior superior	Tractus iliotibialis und Tuberculum tractus iliotibialis (Tuberculum Gerdy) der proximalen Tibia	Nervus gluteus superior **(L4, L5, S1)**	Beugung, Abduktion und Innenrotation des Hüftgelenks; Stabilisierung von Knie und Hüfte

526

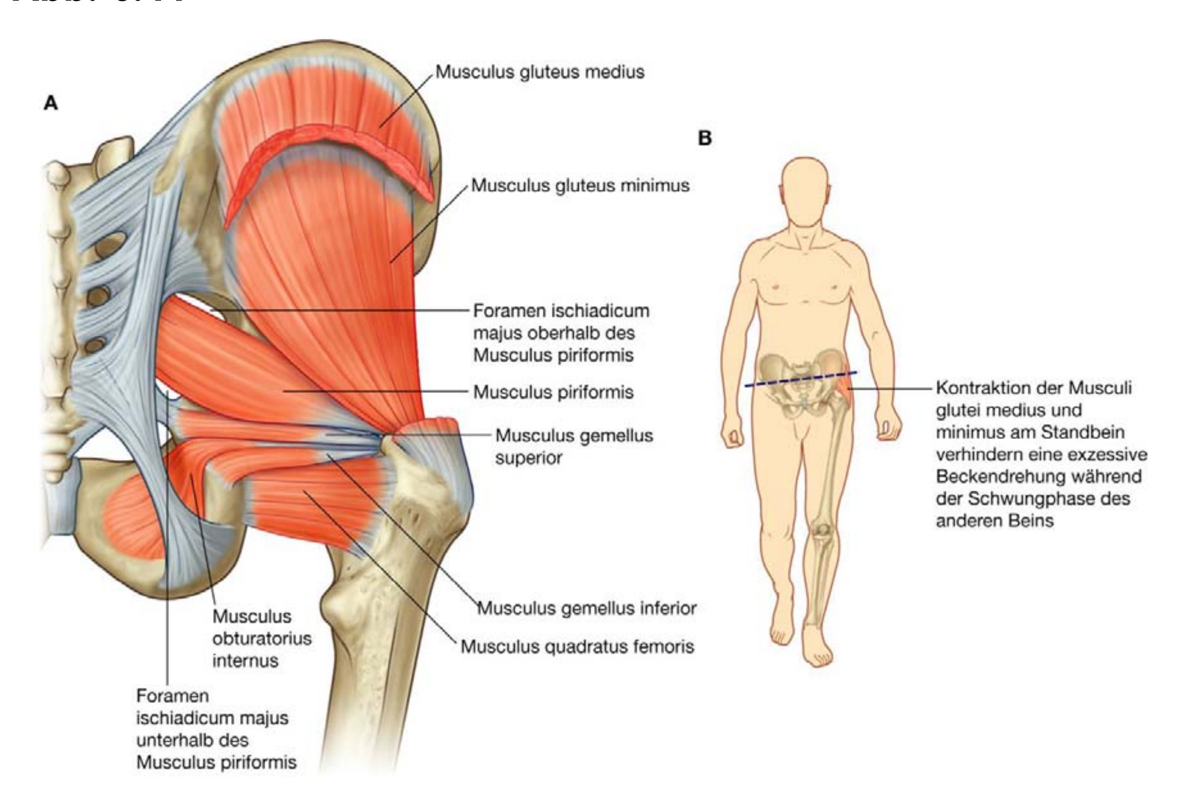
527

- die anterolaterale Wand der Beckenhöhle oberhalb des Beckenbodens
- die laterale Wand der Fossa ischioanalis des Perineums unterhalb des Beckenbodens.

Die Muskelfasern bilden eine Sehne, die sich um etwa 90° um das Os ischii (zwischen Spina ischiadica und Tuber ischiadicum) windet und dann durch das Foramen ischiadicum minus in die Glutealregion tritt. Die Sehne läuft kaudalwärts nach dorsal zum Hüftgelenk und setzt an der medialen Oberfläche des Oberrandes des Trochanter major an der Fossa trochanterica an.

Der Musculus obturatorius internus bewirkt eine Außenrotation und Abduktion des Femurs im Hüftgelenk und wird vom Nervus musculi obturatorii interni innerviert.

Abb. 6.44



Tiefe Muskeln der Glutealregion. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Funktion.

Musculi gemelli superior und inferior

Die Musculi gemelli superior und inferior (gemellus ist das lateinische Wort für Zwillinge) sind dreieckige Muskeln, die mit dem Ober- bzw. Unterrand der Sehne des Musculus obturatorius internus assoziiert sind (Abb. 6.44):

- Die Basis des **Musculus gemellus superior** entspringt von der glutealen Oberfläche der Spina ischiadica.
- Die Basis des **Musculus gemellus inferior** entspringt vom Tuber ischiadicum.

Fasern der Musculi gemelli setzen an der Sehne des Musculus obturatorius internus an. Die Spitzen der beiden Muskeln inserieren gemeinsam mit der Sehne des Musculus obturatorius internus an der Fossa trochanterica.

Der Musculus gemellus superior wird vom Nervus musculi obturatorii interni, der Musculus gemellus inferior vom Nervus musculi quadrati femoris innerviert. Die Musculi gemelli bewirken gemeinsam mit dem Musculus obturatorius internus eine Außenrotation und Abduktion des Femurs im Hüftgelenk.

527

Musculus quadratus femoris

Der **Musculus quadratus femoris** ist der am weitesten kaudal liegende Muskel der tiefen Muskelgruppe der Glutealregion (Abb. 6.44). Er verläuft als flacher, rechteckiger Muskel unterhalb des Musculus obturatorius internus sowie der anliegenden Musculi gemelli.

Der Musculus quadratus femoris entspringt am lateralen Anteil des Tuber ischiadicum und setzt am Tuberculum quadratum der Crista intertrochanterica an.

Der Musculus quadratus femoris bewirkt eine Außenrotation und Adduktion im Hüftgelenk und wird vom Nervus musculi quadrati femoris des Plexus sacralis innerviert.

Oberflächliche Gruppe

Musculi glutei minimus und medius

Die Musculi glutei minimus und medius sind zwei Muskeln der oberflächlichen Gruppe der Glutealregion (Abb. 6.44).

Der **Musculus gluteus minimus** ist ein fächerförmiger Muskel, der von der Außenfläche des Darmbeins zwischen der Linea glutea inferior und der Linea glutea anterior entspringt. Die Muskelfasern vereinigen sich kaudal und bilden eine Sehne, die an der anterolateralen Oberfläche des Trochanter major ansetzt.

Der **Musculus gluteus medius** liegt auf dem Musculus gluteus medius und ist ebenfalls fächerförmig. Er hat einen breiten Ursprung an der Außenfläche des Darmbeins zwischen Linea glutea anterior und Linea glutea posterior sowie am Labium externum des Darmbeinkamms. Sein Ansatz liegt an der lateralen Fläche des Trochanter major.

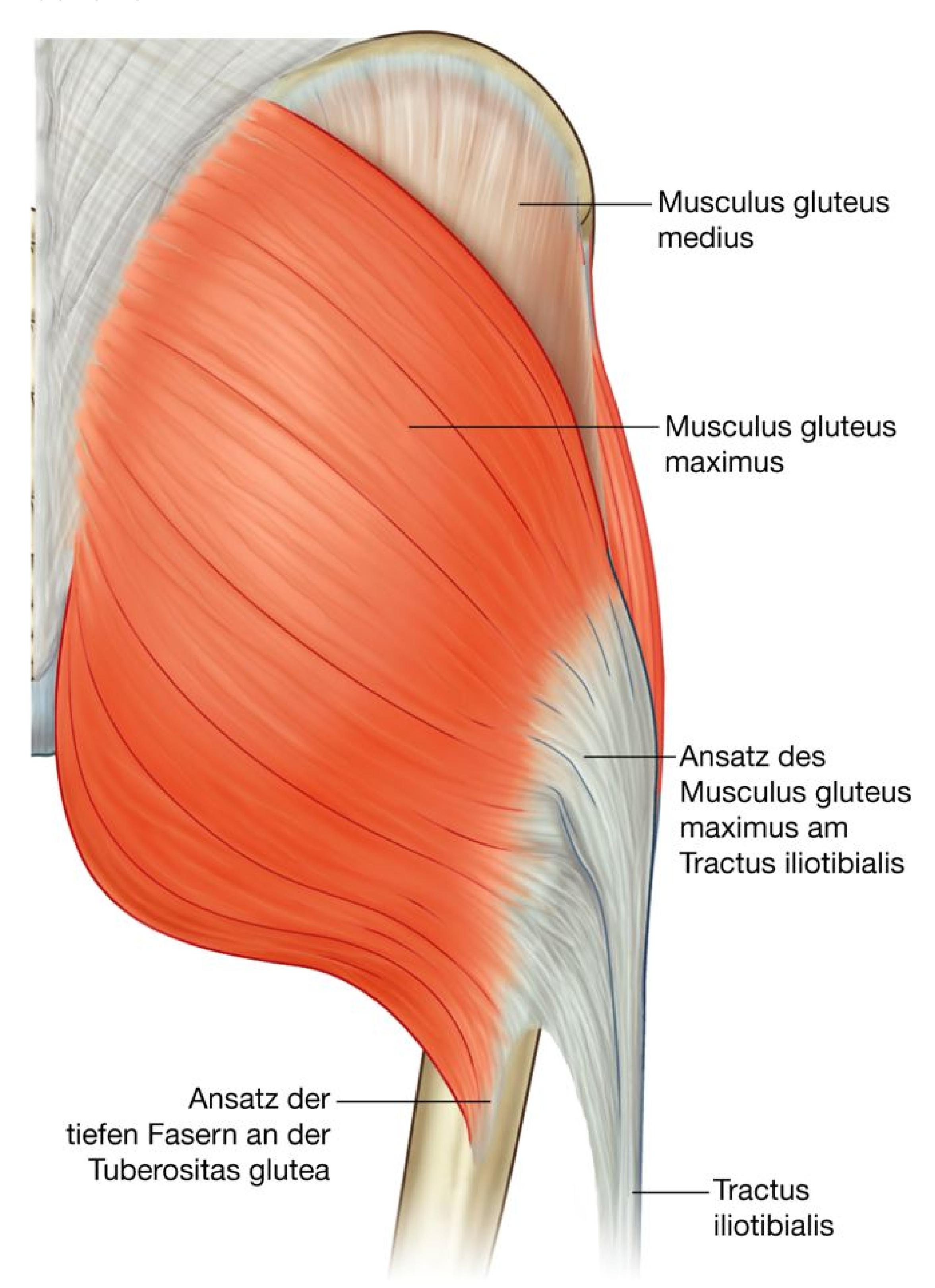
Die Musculi glutei medius und minimus abduzieren das Bein im Hüftgelenk und stabilisieren das Standbein in der Frontalebene während der Schwungphase des kontralateralen Beins beim Gehen. Beide Muskeln werden vom Nervus gluteus superior innerviert.

Musculus gluteus maximus

Der **Musculus gluteus maximus** ist der größte Muskel der Glutealregion und bedeckt die meisten anderen Glutealmuskeln (Abb. 6.45).

Der Musculus gluteus maximus ist viereckig und hat einen breiten Ursprung vom Darmbein hinter der Linea glutea posterior, entlang der Hinterfläche des Os sacrum und der lateralen Fläche des Os coccygis bis zur Außenfläche des Ligamentum sacrotuberale. Außerdem entspringt er von der Fascia thoracolumbalis und wird häufig als Muskel beschrieben, der zwischen den zwei Schichten der Fascia lata liegt, die den Oberschenkel und die Regio glutealis bedeckt.

Abb. 6.45



Musculus gluteus maximus. Ansicht von dorsal.

Lateral inserieren der obere Teil und der oberflächliche untere Anteil des Muskels am Tractus iliotibialis, der über die laterale Oberfläche des Trochanter major und den

Oberschenkel herab bis zum proximalen Unterschenkel verläuft. Tiefe distale Anteile des Muskels setzten an der Tuberositas glutea an.

Der Musculus gluteus maximus streckt den gebeugten Oberschenkel im Hüftgelenk. Durch den Ansatz am Tractus iliotibialis stabilisiert er außerdem das Knie und das Hüftgelenk in der Sagittalebene. Der Musculus gluteus maximus wird vom Nervus gluteus inferior innerviert.

528

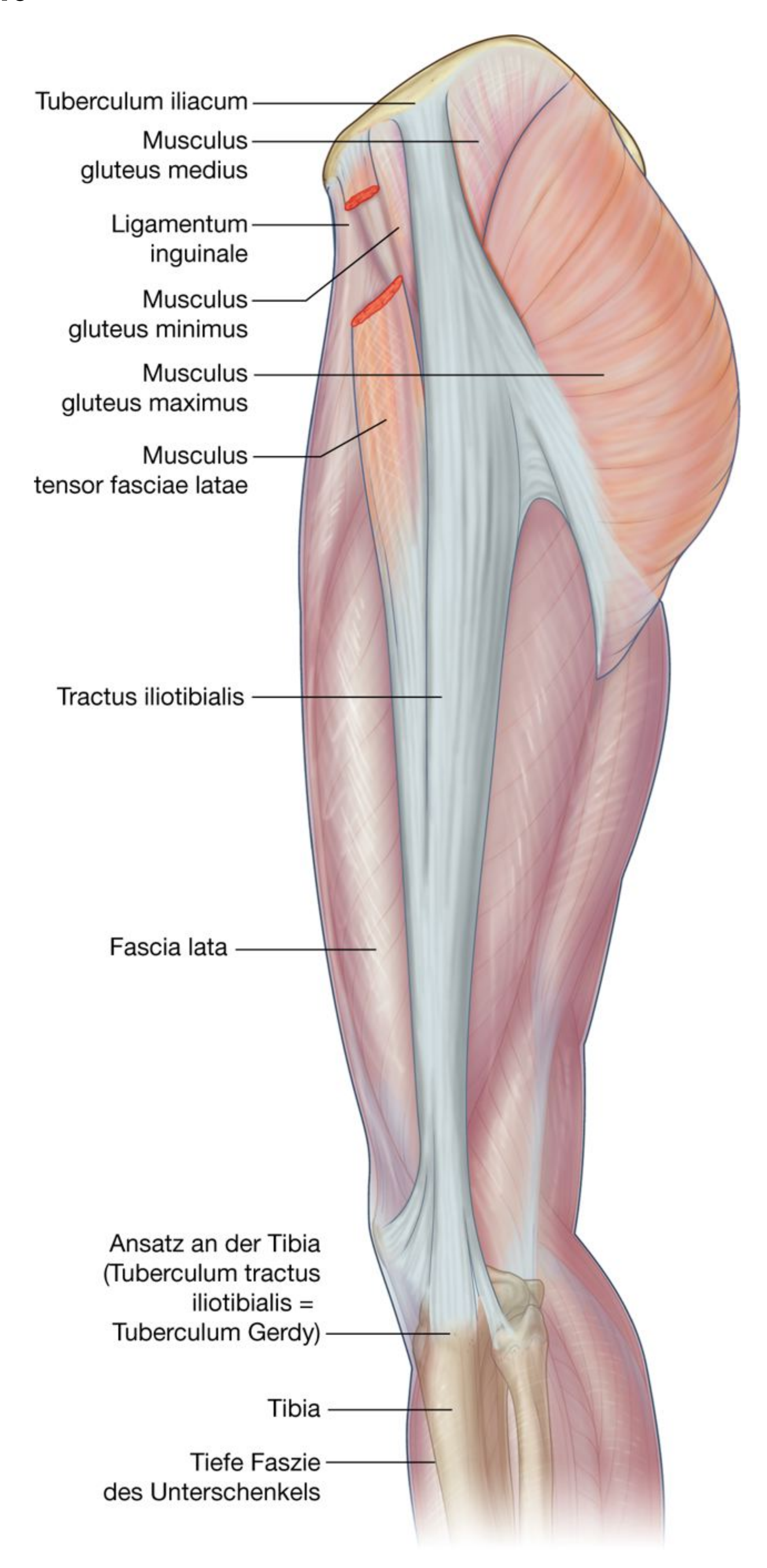
529

Musculus tensor fasciae latae

Der **Musculus tensor fasciae latae** ist der am weitesten ventral liegende Muskel der oberflächlichen Glutealmuskeln. Er liegt über dem Musculus gluteus minimus und dem ventralen Anteil des Musculus gluteus medius (Abb. 6.46).

Der Musculus tensor fasciae latae entspringt von der äußeren Grenze der Crista iliaca, direkt hinter der Spina iliaca anterior superior. Die Muskelfasern verlaufen nach kaudal, inserieren von ventral am Tractus iliotibialis und setzen mit ihm zusammen am Tuberculum tractus iliotibialis (Tuberculum Gerdy) der proximalen Tibia an. Ebenso wie der Musculus gluteus maximus ist der Musculus tensor fasciae latae in die Fascia lata eingeschlossen.

Abb. 6.46



Musculus tensor fasciae latae. Linke Glutealregion, Ansicht von lateral.

Der Musculus tensor fasciae latae bewirkt eine Beugung, Abduktion und Innenrotation des Hüftgelenks. Er stabilisiert das gestreckte Knie und gemeinsam mit dem Musculus gluteus maximus das Hüftgelenk (Abb. 6.46). Er wird vom Nervus gluteus superior innerviert.

Nerven

Sieben Nerven treten aus dem Becken durch das Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion (Abb. 6.47A): der Nervus gluteus superior, der Nervus ischiadicus, der Nervus musculi quadrati femoris, der Nervus musculi obturatorii interni, der Nervus cutaneus femoris posterior, der Nervus pudendus und der Nervus gluteus inferior.

Ein weiterer Nerv, der Nervus cutaneus perforans, tritt direkt durch das Ligamentum sacrotuberale in die Glutealregion.

Einige dieser Nerven, wie der Nervus ischiadicus und der Nervus pudendus, ziehen durch die Glutealregion in andere Regionen. Nerven, wie der Nervus gluteus superior und der Nervus gluteus inferior, innervieren Strukturen der Glutealregion. Viele der Nerven verlaufen in der Ebene zwischen der oberflächlichen und tiefen Muskelgruppe.

Nervus gluteus superior

Von allen Nerven, die durch das Foramen ischiadicum majus treten, verläuft der Nervus gluteus superior als Einziger oberhalb des Musculus piriformis (Abb. 6.47A). Nachdem er in die Glutealregion gelangt ist, windet er sich um den Unterrand des Musculus gluteus minimus und verläuft nach ventrolateral zwischen dem Musculus gluteus minimus und dem Musculus gluteus medius.

Der Nervus gluteus superior gibt Äste an den Musculus gluteus medius und den Musculus gluteus minimus ab und endet als Ast zum Musculus tensor fasciae latae.

Nervus ischiadicus

Der Nervus ischiadicus gelangt durch die Pars infrapiriformis des Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion (Abb. 6.47A). Er verläuft in der Ebene zwischen den oberflächlichen und tiefen Gesäßmuskeln, überkreuzt die dorsale Oberfläche des Musculus obturatorius internus, die Musculi gemelli und den Musculus quadratus femoris. Er liegt in der Mitte zwischen Tuber ischiadicum und Trochanter major direkt unterhalb des Musculus gluteus maximus. Am Unterrand des Musculus quadratus femoris tritt der Nervus ischiadicus in die Oberschenkelrückseite ein.

529

530

Der Nervus ischiadicus ist der größte Nerv des menschlichen Körpers. Er innerviert alle Muskeln der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels, die das Knie beugen, und alle Muskeln, die das Sprunggelenk und den Fuß bewegen. Außerdem innerviert er ein großes Hautareal der unteren Extremität.

Klinik

Intramuskuläre Injektionen

Gelegentlich müssen Medikamente intramuskulär injiziert werden. Dabei wird das Medikament direkt in den Muskel gespritzt. Bei der Injektion müssen neurovaskuläre Verletzungen vermieden werden. Eine typische Region für die intramuskuläre Injektion ist die Glutealregion, durch die der Nervus ischiadicus verläuft, der bei der Injektion geschont werden muss.

Die Glutealregion kann durch zwei imaginäre Linien zwischen tastbaren Knochenpunkten in vier Quadranten eingeteilt werden (Abb. 6.47B). Eine der Linien verläuft vom höchsten Punkt der Crista iliaca kaudalwärts. Die horizontale Linie kreuzt die erste Linie etwa in der Mitte zwischen dem höchsten Punkt der Crista iliaca und der Horizontalebene durch das Tuber ischiadicum.

Es ist wichtig, sich klarzumachen, dass die Glutealregion bis zur Spina iliaca anterior superior reicht. Der Nervus ischiadicus verläuft durch die obere laterale Ecke des unteren mittleren Quadranten und anschließend am medialen Rand des unteren lateralen Quadranten nach kaudal.

Gelegentlich teilt sich der Nervus ischiadicus schon im Becken in den Nervus fibularis (peroneus) communis und den Nervus tibialis. In diesem Fall verläuft der Nervus fibularis communis durch oder sogar oberhalb des Musculus piriformis in die Glutealregion.

Der Nervus gluteus superior sowie die Arteria und Vena glutea superior gelangen normalerweise oberhalb des Musculus piriformis in die Glutealregion und verlaufen dann nach kranial und ventral.

Normalerweise erfolgt die intramuskuläre Injektion in der ventralen Ecke des oberen lateralen Quadranten, um Verletzungen des Nervus ischiadicus sowie anderer Nerven und Gefäße der Glutealregion zu vermeiden. Eine Nadel in dieser Region tritt oberhalb des Randes des Musculus gluteus maximus in den Musculus gluteus medius ein. Nach von Hochstetter (Hochstetter-Handgriff zur Bestimmung des Punktionsorts im ventroglutealen Bereich) ist außer dem ventroglutealen Bereich auch der Musculus vastus lateralis am Oberschenkel ein Ort der Wahl für eine intramuskuläre Injektion.

Nervus musculi quadrati femoris

Der Nervus musculi quadrati femoris tritt durch die Pars infrapirifomis des Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion. Er liegt dabei unterhalb des Nervus ischiadicus (Abb. 6.47A). Anders als die anderen Nerven der Glutealregion liegt der Nervus musculi quadrati femoris ventral der tiefen Gruppe der Glutealmuskeln.

Der Nervus musculi quadrati femoris zieht unterhalb der Sehne des Musculus obturatorius internus am Os ischii abwärts, um in den Musculus quadratus femoris einzutreten und ihn zu innnervieren. Außerdem innerviert er mit einem kleinen Ast den Musculus gemellus inferior.

Nervus musculi obturatorii interni

Der Nervus musculi obturatorii interni tritt unterhalb des Musculus piriformis zwischen Nervus cutaneus femoris posterior und Nervus pudendus durch das Foramen ischiadicum majus (Abb. 6.47A). Er innerviert mit einem kleinen Ast den Musculus gemellus superior und verläuft dann über die Spina ischiadica und durch das Foramen ischiadicum minus, um den Musculus obturatorius internus im Perineum zu innervieren.

Nervus cutaneus femoris posterior

Der Nervus cutaneus femoris posterior tritt durch das Foramen ischiadicum majus unterhalb des Musculus piriformis und direkt medial des Nervus ischiadicus in die Glutealregion (Abb. 6.47A). Er verläuft unterhalb des Musculus gluteus maximus am Gesäß abwärts und tritt dann in den dorsalen Oberschenkel.

Der Nervus cutaneus femoris posterior gibt mehrere Äste ab, die um den Unterrand des Musculus gluteus maximus verlaufen und die Haut über der Gesäßfalte innervieren. Ein kleiner perinealer Ast verläuft nach medial und trägt zur Innervation der Skrotalhaut bzw. der Labia majora pudendi im Perineum bei. Der Hauptstamm des Nervus cutaneus femoris posterior zieht weiter kaudalwärts und gibt Hautäste zur Innervation des dorsalen Ober- und Unterschenkels ab.

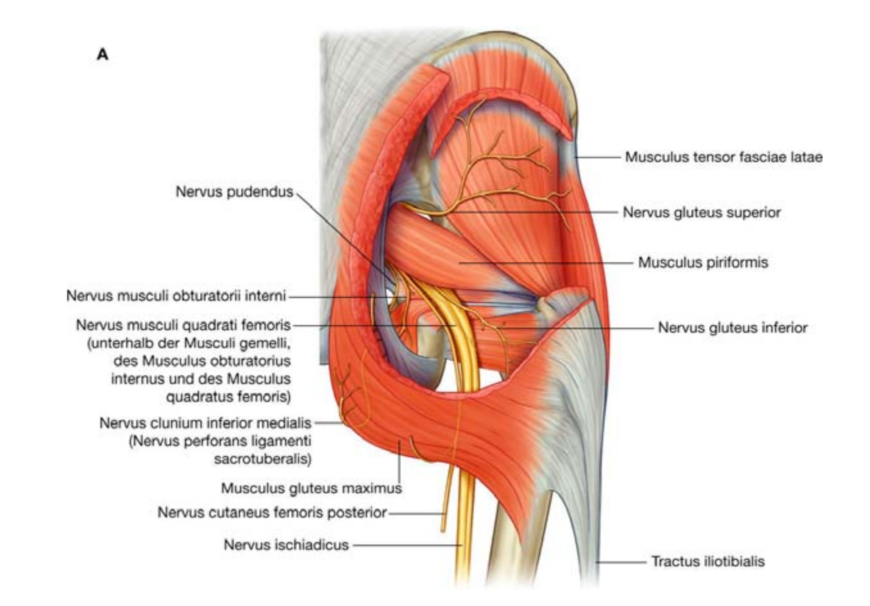
Nervus pudendus

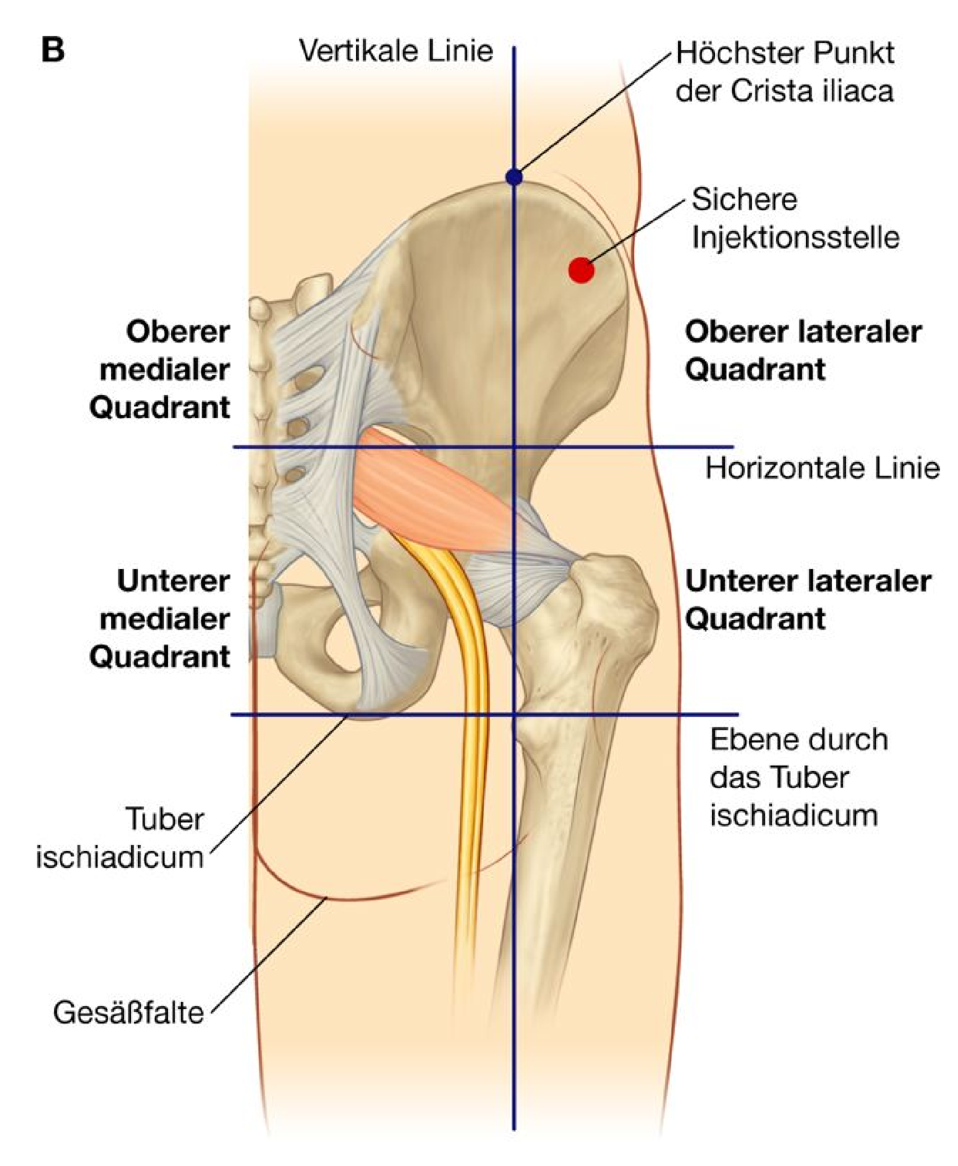
Der Nervus pudendus tritt medial des Nervus ischiadicus durch die Pars infrapiriformis des Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion (Abb. 6.47A). Er verläuft über das Ligamentum sacrospinale und tritt dann durch das Foramen ischiadicum minus in das Perineum. Der Nervus pudendus zieht nur kurz durch die Glutealregion und wird häufig durch den darüberliegenden Oberrand des Ligamentum sacrotuberale verdeckt.

Der Nervus pudendus ist der somatische Hauptnerv des Perineums und gibt in der Glutealregion keine Äste ab.

530

Abb. 6.47





Nerven der Regio glutea. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Ort der intramuskulären Injektion.

Nervus gluteus inferior

Der Nervus gluteus inferior tritt an der Rückfläche des Nervus ischiadicus unterhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus (Abb. 6.47A). Er verläuft durch den Musculus gluteus maximus, den er innerviert.

Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis)

Der Nervus clunium inferior medialis (Nervus perforans ligamenti sacrotuberalis) ist der einzige Nerv der Glutealregion, der nicht durch das Foramen ischiadicum majus verläuft. Der kleine Nerv verlässt den Plexus sacralis in der Beckenregion, indem er durch das Ligamentum sacrotuberale tritt. Er zieht dann um den Unterrand des Musculus gluteus maximus, um die Haut über dem medialen Anteil des Musculus gluteus maximus zu innervieren (Abb. 6.47A).

Arterien

Zwei Arterien treten aus dem Becken durch das Foramen ischiadicum majus in die Glutealregion: die Arteria glutea inferior und die Arteria glutea superior (Abb. 6.48). Sie versorgen die Strukturen des Gesäßes und des dorsalen Oberschenkels und bilden wichtige Kollateralen mit Ästen der Arteria femoralis.

531
532

Arteria glutea inferior

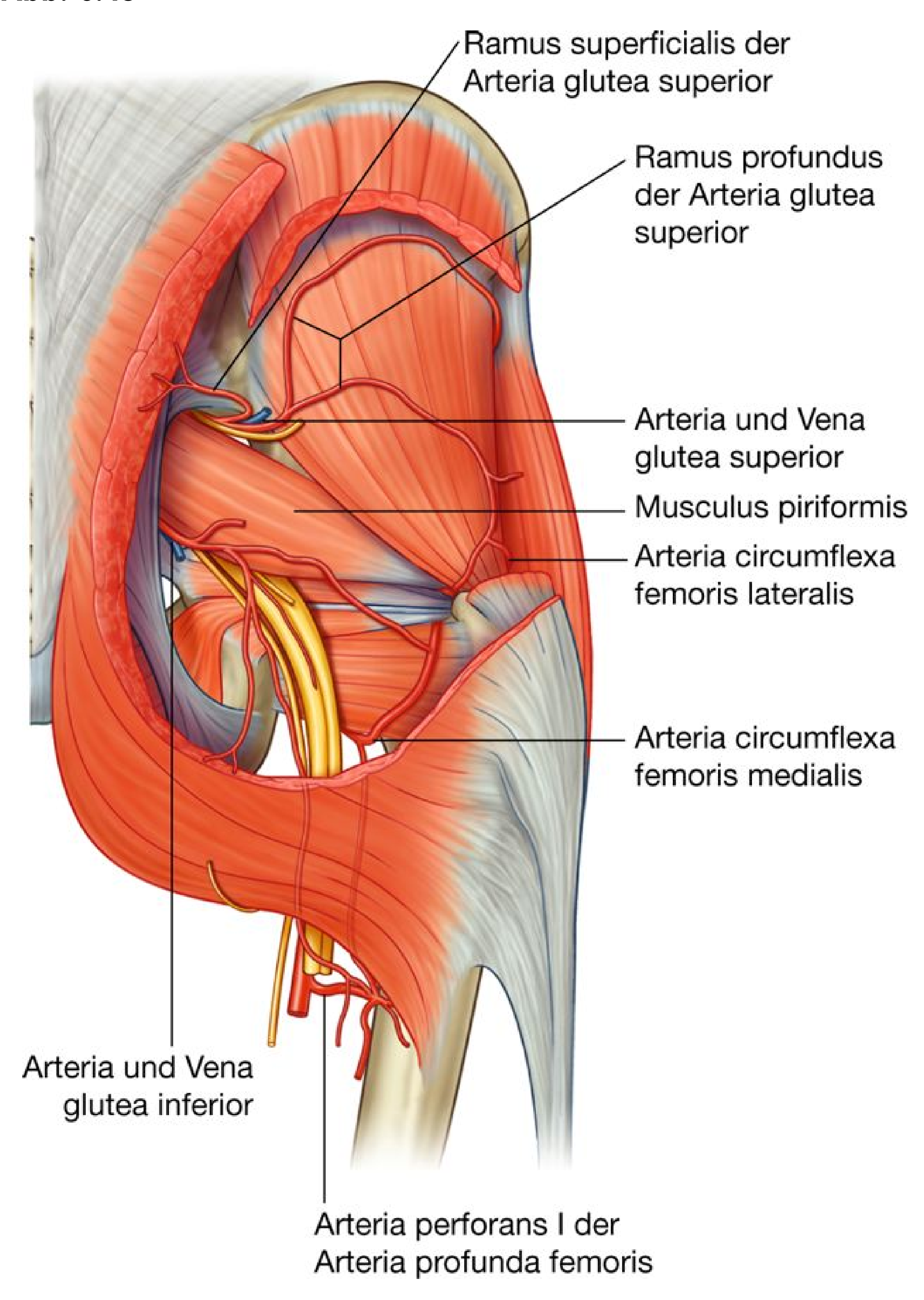
Die Arteria glutea inferior entspringt aus dem Truncus anterior der Arteria iliaca interna im Becken. Sie verlässt das Becken zusammen mit dem Nervus gluteus inferior unterhalb des Musculus piriformis durch das Foramen ischiadicum majus (Abb. 6.48).

Die Arteria glutea inferior versorgt die umliegenden Muskeln und tritt aus der Glutealregion in den dorsalen Oberschenkel über. Hier trägt sie zur Blutversorgung der umliegenden Strukturen bei und bildet mit Rami perforantes der Arteria femoralis Anastomosen. Außerdem gibt sie einen Ast zur Versorgung des Nervus ischiadicus ab (Arteria comitans nervi ischiadici).

Arteria glutea superior

Die Arteria glutea superior entspringt aus dem Truncus posterior der Arteria iliaca interna des Beckens. Sie verlässt das Becken gemeinsam mit dem Nervus gluteus superior durch das Foramen ischiadicum majus oberhalb des Musculus piriformis

Abb. 6.48



Arterien der Glutealregion.

(Abb. 6.48). Sie teilt sich in der Glutealregion in einen Ramus superficialis und einen Ramus profundus:

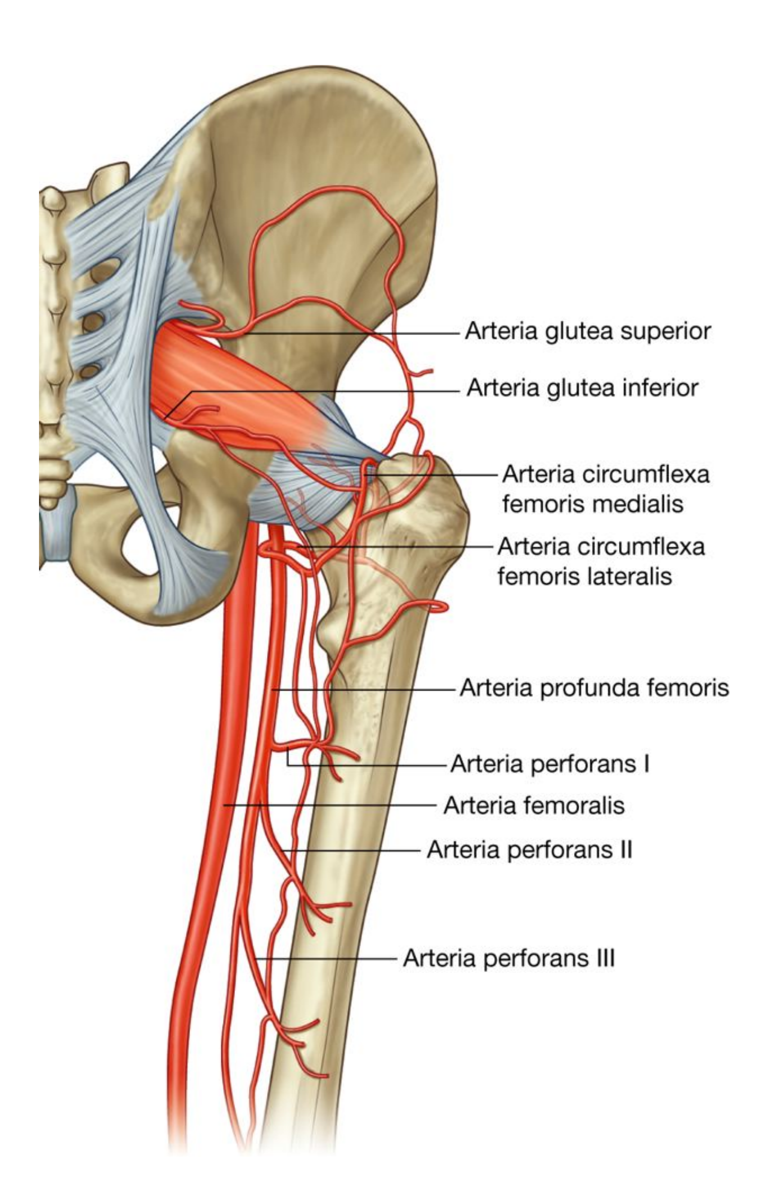
- Der Ramus superficialis verläuft auf der Unterfläche des Musculus gluteus maximus.
- Der Ramus profundus verläuft zwischen den Musculi glutei medius und minimus.

Außer den angrenzenden Muskeln versorgt die Arteria glutea superior auch das Hüftgelenk. Ihre Äste anastomosieren mit den Arteriae circumflexae femoris lateralis und medialis aus der Arteria profunda femoris des Oberschenkels und mit der Arteria glutea inferior (Abb. 6.49).

Venen

Die Vena glutea inferior und die Vena glutea superior verlaufen mit den entsprechenden Arterien in das Becken. Hier treffen sie auf den Plexus venosus des Beckens. In der Peripherie anastomosieren die Venen mit den Venae gluteae superficiales, die ventral in die Vena femoralis drainieren.

Abb. 6.49



Anastomosen zwischen den Glutealarterien und Gefäßen, die aus der Arteria femoralis des Oberschenkels hervorgehen. Ansicht von dorsal.

Lymphbahnen

Tief liegende Lymphgefäße der Beckenregion verlaufen gemeinsam mit den Gefäßen im Becken und stehen mit den Nodi lymphoidei iliaci interni in Verbindung.

Die oberflächlichen Lymphgefäße drainieren in die Nodi lymphoidei inguinales superficiales im Bereich der Oberschenkelvorderseite.

OBERSCHENKEL

Der Oberschenkel ist der Teil der unteren Extremität zwischen Hüfte und Kniegelenk (Abb. 6.50):

- Ventral ist er durch das Ligamentum inguinale von der Bauchwand getrennt.
- Dorsal ist er von der Glutealregion oberflächlich durch die Rima ani und unterhalb der Haut durch den Unterrand des Musculus gluteus maximus und den Musculus quadratus femoris getrennt.

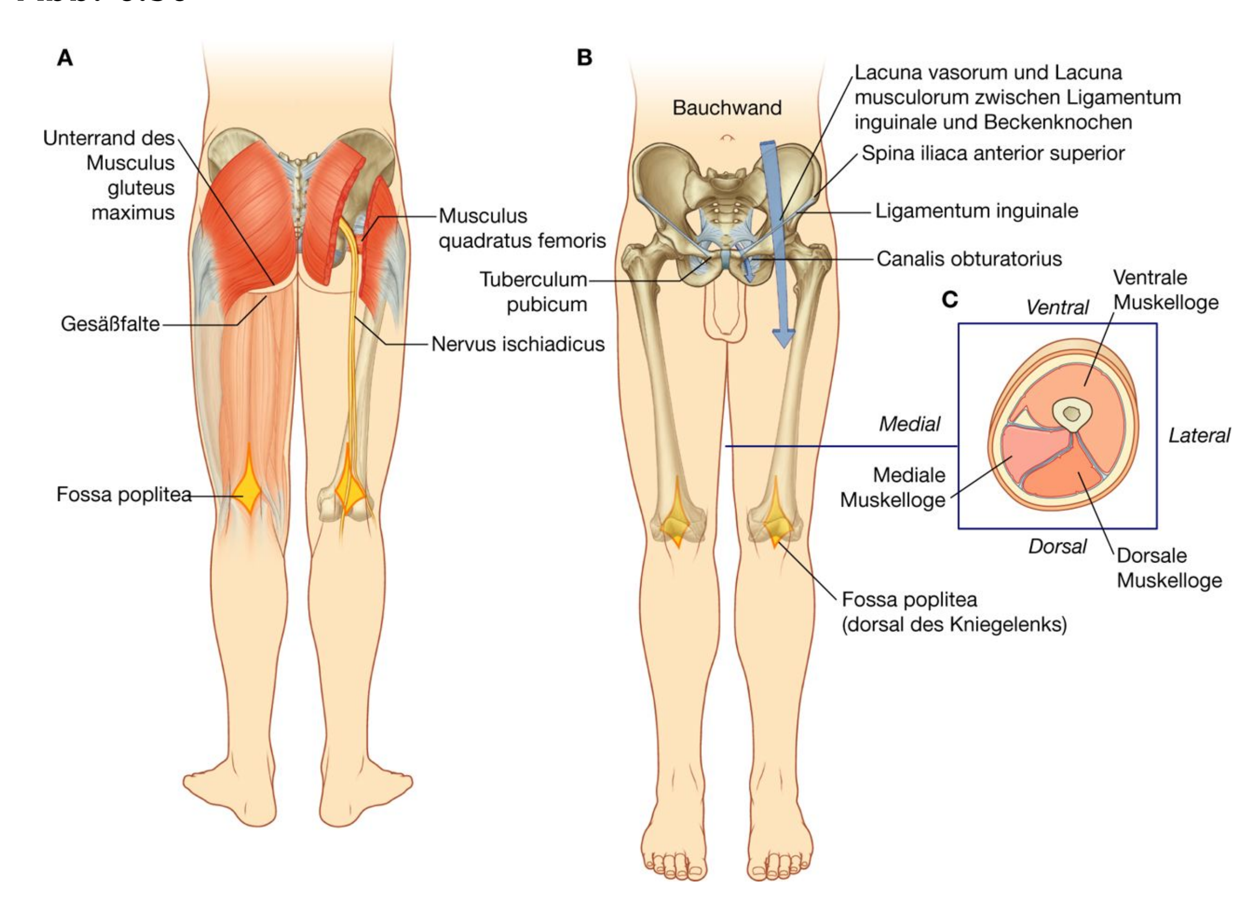
Über drei Wege treten Strukturen in den Oberschenkel ein und verlassen ihn:

- Dorsal ist der Oberschenkel die Fortsetzung der Gesäßregion. Die Hauptstruktur, die zwischen den beiden Regionen verläuft, ist der Nervus ischiadicus.
- Ventral steht der Oberschenkel über die Lacunae vasorum und musculorum mit der Bauchwand in Verbindung. Hier verlaufen der Musculus iliopsoas, der Musculus pectineus, der Nervus femoralis, Arteria und Vena femoralis sowie Lymphgefäße.
- Medial ziehen die Strukturen (einschließlich des Nervus obturatorius und der zugehörigen Gefäße) durch den Canalis obturatorius.

Der Oberschenkel wird durch Septa intermuscularia, die zwischen dorsalem Femur und Fascia lata (Faszie, die den gesamten Oberschenkel umgibt, Abb. 6.50C) verlaufen, in drei Muskellogen geteilt:

- Die **ventrale Muskelloge** enthält die Extensoren des Kniegelenks.
- Die **dorsale Muskelloge** enthält die Flexoren des Kniegelenks und die Extensoren des Hüftgelenks (ischiokrurale Muskeln).
- Die **mediale Muskelloge** enthält die Adduktoren des Hüftgelenks.

Abb. 6.50



Oberschenkel. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Ansicht von ventral. **C**. Querschnitt durch die Mitte des Oberschenkels.

533

534

Der Nervus ischiadicus innerviert die Muskeln der dorsalen (Flexoren-)Loge, der Nervus femoralis innerviert die Muskeln in der ventralen (Extensoren-)Loge, und der Nervus obturatorius innerviert die meisten Muskeln der medialen (Adduktoren-)Loge des Oberschenkels.

Die Hauptarterien, venen, und lymphgefäße treten ventral des Beckens unterhalb des Ligamentum inguinale durch die Lacuna vasorum in den Oberschenkel und verlaufen durch das Trigonum femorale. Gefäße und Nerven, die zwischen Oberschenkel und Unterschenkel verlaufen, ziehen durch die Fossa poplitea auf der Rückseite des Kniegelenks.

Knochen

Die knöcherne Grundlage des Oberschenkels ist das Femur. Die meisten großen Oberschenkelmuskeln inserieren an den proximalen Enden der beiden Unterschenkelknochen (Tibia und Fibula) und beugen oder strecken das Bein im Kniegelenk. Das distale Femurende dient als Ursprung für den Musculus gastrocnemius, der vorwiegend in der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels liegt und den Fuß plantarflektiert.

Schaft und distales Femurende

Der Femurschaft ist nach ventral gebogen und verläuft in einer schrägen Linie vom Collum femoris zum distalen Ende (Abb. 6.51). Infolge dieser schrägen Ausrichtung befindet sich das Knie nahe der Mittellinie unter dem Körperschwerpunkt.

Der mittlere Abschnitt des Femurschafts ist im Querschnitt dreieckig (Abb. 6.51D) und besitzt hier eine Facies medialis (posteromedialis), eine Facies lateralis (posterolateralis) und eine Facies ventralis sowie je einen Margo medialis, Margo lateralis und Margo posterior. Margines medialis und lateralis sind eher abgerundet; der Margo posterior entspricht einem breiten, aufgerauten Grat **(Linea aspera)**.

Proximal und distal des Femurschafts erweitert sich die Linea aspera und bildet an diesen Stellen eine zusätzliche Facies posterior. Am distalen Femurende bildet die Facies posterior den Boden der Fossa poplitea. Die Begrenzungen der Fossa poplitea sind die Fortsetzungen der Begrenzungen der Linea aspera (Labium mediale und Labium laterale) und bilden eine **Linea supracondylaris medialis** und eine **Linea supracondylaris lateralis**. Die Linea supracondylaris medialis endet an einem prominenten Tuberculum (**Tuberculum adductorium**) am Oberrand des **Epicondylus medialis** des distalen Femurs. Direkt lateral des unteren Endes der Linea supracondylaris medialis befindet sich eine Aufrauung am Knochen. Hier setzt das Caput mediale des Musculus gastrocnemius an (Abb. 6.51).

Das distale Femurende ist durch zwei kräftige Kondylen geprägt, die mit dem proximalen Tibiaende artikulieren. Die beiden Kondylen (Condylus medialis und Condylus lateralis) werden dorsal durch die **Fossa intercondylaris** getrennt und verbinden sich ventral, um mit der Patella zu artikulieren (Articulatio femoropatellaris).

Die Oberflächen der Kondylen, die mit der Tibia artikulieren, sind dorsal abgerundet und kaudal eher flach. An jedem Condylus trennt eine flache, schräge Rinne die Gelenkfläche zur Artikulation mit der Tibia von der Gelenkfläche für die Patella. Die Gelenkoberflächen der medialen und lateralen Kondylen bilden zur Artikulation mit der Patella jeweils eine V-förmige Grube, die nach ventral zeigt. Die laterale Oberfläche der Grube ist größer und tiefer als die mediale Oberfläche.

Die Wände der Fossa intercondylaris tragen zwei Facetten, die als kraniale Ansatzstellen der Kreuzbänder dienen und zur Stabilisierung des Kniegelenks beitragen (Abb. 6.51):

- Die Wand, die durch die laterale Oberfläche des Condylus medialis gebildet wird, hat eine große ovale Facette, die den größten Teil der unteren Wand bedeckt. Hier setzt das **Ligamentum cruciatum posterius** (hinteres Kreuzband) an.
- Die Wand, die durch die mediale Oberfläche des Condylus lateralis gebildet wird, hat kraniodorsal eine kleine ovale Facette. Hier setzt das proximale Ende des **Ligamentum cruciatum anterius** (vorderes Kreuzband) an.

Die Epikondylen (Epicondylus medialis und Epicondylus lateralis), an denen die Kollateralbänder des Kniegelenks ansetzen, sind knöcherne Vorsprünge an der äußeren

Oberfläche der beiden Kondylen (Abb. 6.51). Dorsal des **Epicondylus lateralis** befinden sich zwei Facetten, die durch eine Rinne getrennt sind:

- Die obere Facette dient dem Caput laterale des Musculus gastrocnemius als Ursprung.
- Die untere Facette ist Ursprungsort des Musculus popliteus.

Die Sehne des Musculus popliteus liegt in der Rinne, die die beiden Anheftungsstellen voneinander trennt.

Der **Epicondylus medialis** ist ein abgerundeter Vorsprung auf der medialen Oberfläche des Condylus medialis. Direkt kraniodorsal des Epicondylus liegt das Tuberculum adductorium.

Patella

Die Patella (Kniescheibe) ist das größte Sesambein (ein Knochen, der in einer Sehne eingelagert ist) des menschlichen Skeletts und liegt ventral des Kniegelenks in der Ansatzsehne des Musculus quadriceps femoris auf seinem Weg zur Tibia.

Die Patella ist dreieckig:

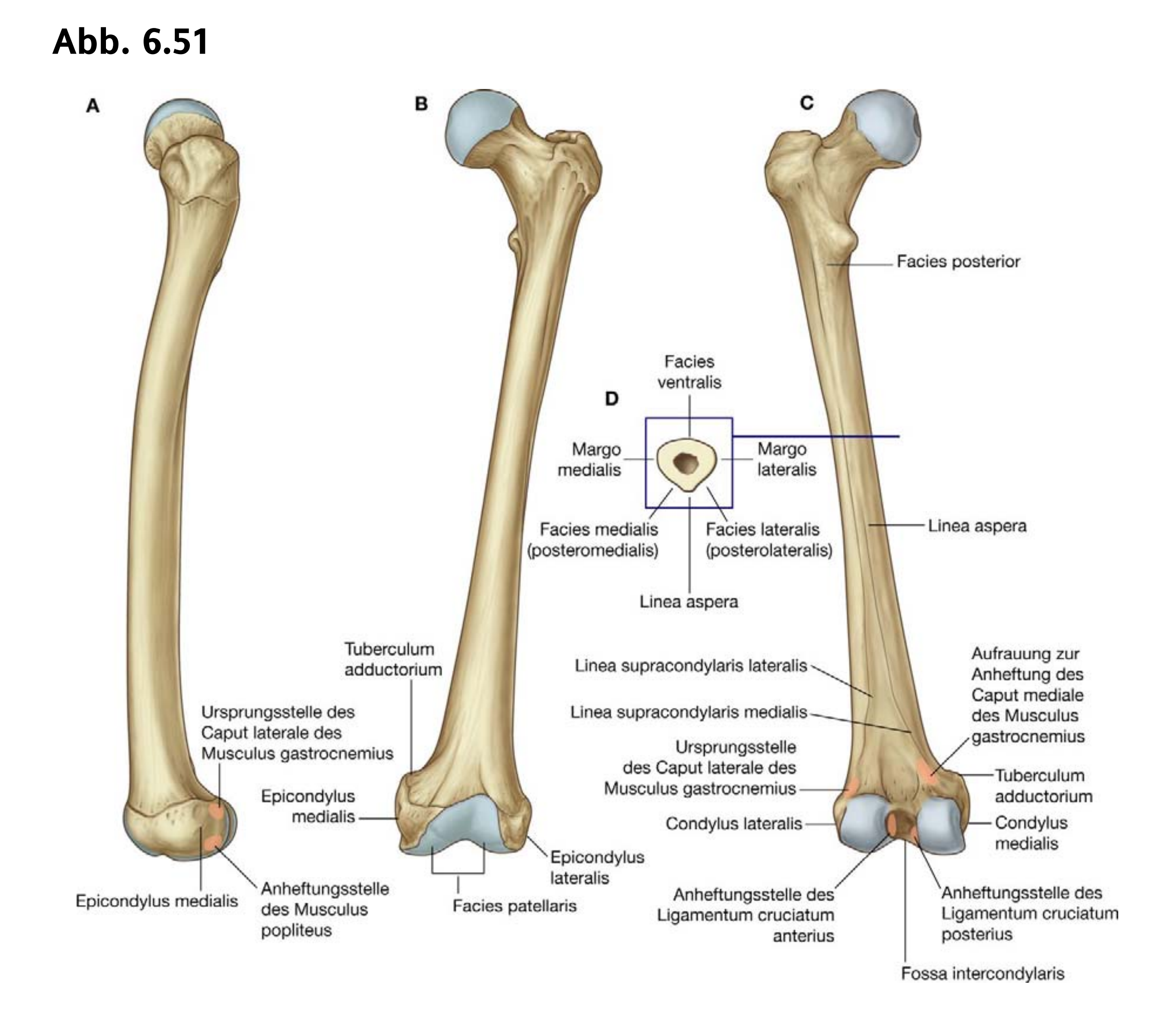
- Die Spitze (Apex patellae) zeigt nach kaudal und ist Ansatzstelle der Patellarsehne, die die Patella mit der Tibia verbindet (Abb. 6.52).

534

535

- Die Basis ist breit und kräftig; hier setzt die Sehne des Musculus quadriceps femoris an.
- Die dorsale Oberfläche artikuliert mit dem Femur und hat eine mediale und eine laterale Facette, die durch einen vertikalen First getrennt werden. Die laterale Facette ist größer als die mediale Facette und artikuliert mit der korrespondierenden Oberfläche des Condylus lateralis des Femurs.

Abb. 6.51



Schaft und distales Femurende. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von ventral. **C**. Ansicht von dorsal. **D**. Querschnitt durch den Femurschaft.

Proximales Tibiaende

Die Tibia (Schienbein) ist der medial liegende, größere Knochen des Unterschenkels und artikuliert im Kniegelenk mit dem Femur (Articulatio femorotibialis).

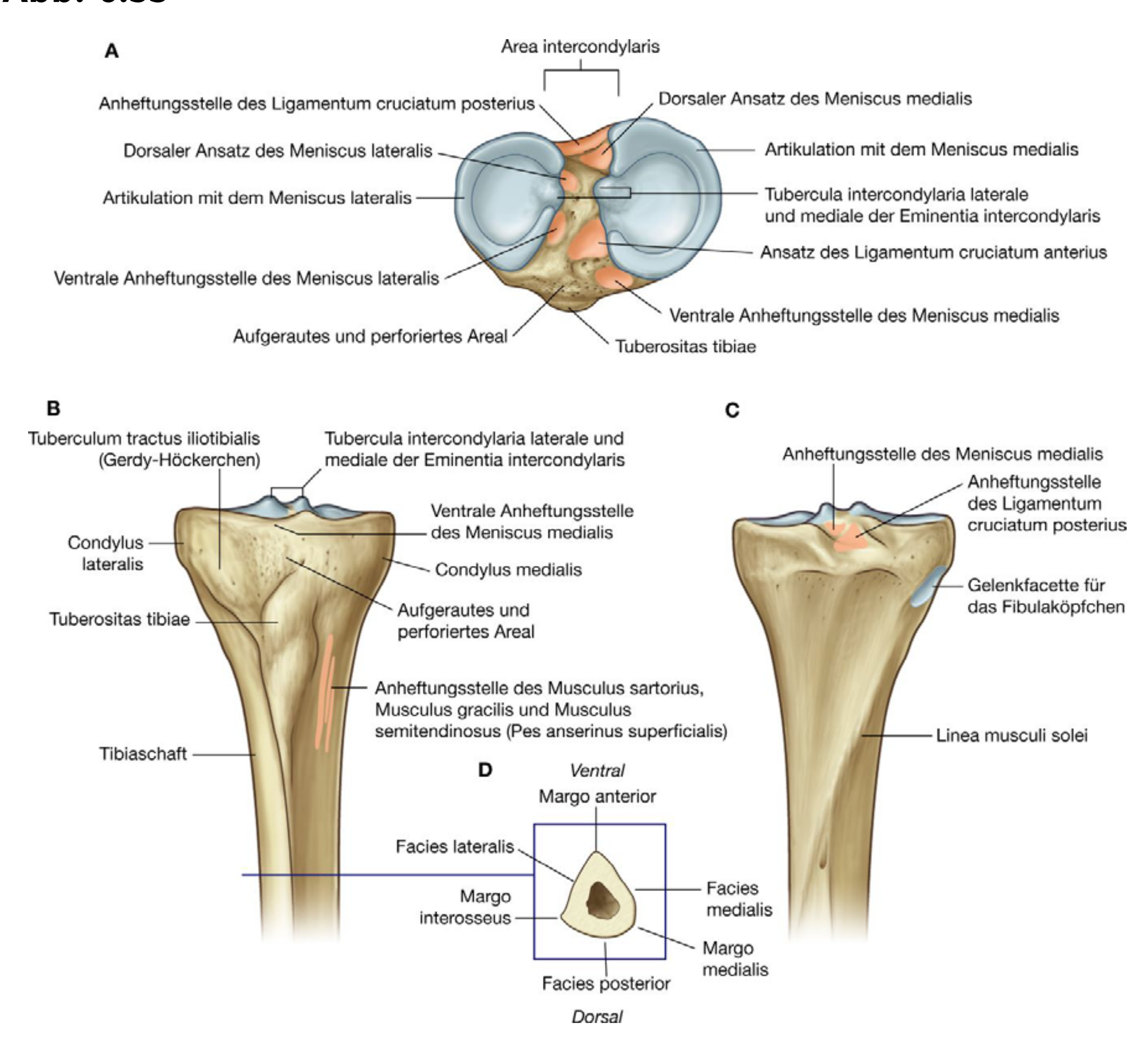
Das proximale Tibiaende ist in der Transversalebene verbreitert, um das Körpergewicht zu tragen. Es besteht aus einem **Condylus medialis** und einem **Condylus lateralis**, die jeweils in der Horizontalebene abgeflacht sind und äber den Schaft hinausragen (Abb. 6.53). Die kranialen Oberflächen der Condyli lateralis und medialis tragen die Gelenkflächen und sind durch eine Area intercondylaris geteilt, die die Anheftungsstellen der Kreuzbänder und der Menisken trägt.

Die Gelenkflächen der Condyli medialis und lateralis sowie die Area intercondylaris bilden gemeinsam das Tibiaplateau, das mit dem distalen Femurende verbunden ist und mit diesem artikuliert. Unterhalb der Kondylen am nahen Tibiaschaft befinden sich die **Tuberositas tibiae** sowie knöcherne Aufrauungen für Muskel- und Bandansätze.

Abb. 6.52

Patella. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von dorsal. **C**. Ansicht von kranial.

Abb. 6.53



Proximales Tibiaende. **A**. Ansicht von kranial, Tibiaplateau. **B**. Ansicht von ventral. **C**. Ansicht von dorsal. **D**. Querschnitt durch den Tibiaschaft.

Tibiakondylen und Area intercondylaris

Die Tibiakondylen sind kräftige horizontale Knochenanteile an der Spitze des Tibiaschafts (Abb. 6.53).

Der Condylus medialis ist größer als der Condylus lateralis und wird durch den Tibiaschaft besser abgestützt. Seine Oberfläche ist oval und artikuliert mit dem Condylus medialis femoris. Die Gelenkfläche reicht lateral bis zum **Tuberculum intercondylare mediale**.

Die Oberfläche des Condylus lateralis ist rund und artikuliert mit dem Condylus lateralis des Femurs. Der mediale Rand der Gelenkfläche reicht bis zum **Tuberculum intercondylare laterale**.

Die Gelenkflächen des medialen und lateralen Kondylus sind bikonkav geformt (in der Sagittal- und in der Transversalachse). Die Außenränder der Oberflächen sind etwas flacher als die Mitte und stehen mit den fibrokartilaginären Menisken des Kniegelenks in Kontakt.

Die nicht an der Gelenkbildung beteiligte dorsale Oberfläche des Condylus medialis besitzt eine deutliche horizontale Rinne. Der untere Rand des Condylus lateralis trägt eine runde Facette (Facies articularis fibularis) zur Artikulation mit dem Fibulaköpfchen.

Die Area intercondylaris des Tibiaplateaus liegt zwischen den Gelenkflächen der Condyli medialis und lateralis (Abb. 6.53). In der Mitte ist sie schmal und bildet die **Eminentia intercondylaris**, deren Ränder noch weiter hochgezogen sind und die Tubercula intercondylaria medialis und lateralis bilden.

Die Area intercondylaris besitzt sechs verschiedene Facetten, die als Ansatzstellen der Menisken und Kreuzbänder dienen. Die Area intercondylaris anterior erweitert sich nach ventral und besitzt drei Facetten:

- Am weitesten ventral liegt die Anheftungsstelle des Vorderhorns des Meniscus medialis.
- Direkt dahinter liegt die Facette, die als Ansatz für das Ligamentum cruciatum anterius dient.
- Eine kleine Facette direkt lateral davon dient als Anheftungsstelle des Vorderhorns des Meniscus lateralis.

Die Area intercondylaris posterior besitzt ebenfalls drei Ansatzstellen:

- Am weitesten ventral befindet sich die Anheftungsstelle des Hinterhorns des Meniscus lateralis.
- Posteromedial davon liegt die Anheftungsstelle des Hinterhorns des Innenmeniskus.
- Hinter der Anheftungsstelle des Meniscus medialis liegt der Ansatzpunkt des distalen Endes des Ligamentum cruciatum posterius.

Außer den sechs Insertionsstellen für die Menisken und die Kreuzbänder existiert noch eine große anterolaterale Region in der Area intercondylaris anterior, die aufgeraut ist und von zahlreichen Foramina nutricia durchsetzt ist. Diese Region steht mit einer ähnlichen Region an der Vorderseite der Tibia oberhalb der Tuberositas tibiae in Verbindung, die an das infrapatellare Bindebewebe grenzt.

Tuberositas tibiae

Die **Tuberositas tibiae** ist eine tastbare dreieckige Region an der ventralen Tibia unterhalb der Verbindungsstelle der beiden Tibiakondylen (Abb. 6.53). Sie dient als Anheftungsstelle des **Ligamentum patellae**, der Fortsetzung der Sehne des Musculus quadriceps femoris unterhalb der Patella. Lateral davon wölbt sich das Tuberculum tractus iliotibialis (Gerdy-Höckerchen) vor, das durch den Ansatz des Tractus iliotibialis an der Tibia hervorgerufen wird.

Tibiaschaft

Der Tibiaschaft ist im Querschnitt dreieckig und besitzt drei Oberflächen (Facies posterior, medialis und lateralis) und drei Grenzen (Margines anterior, interosseus und medialis; Abb. 6.53D):

- Der **Margo anterior** ist scharfkantig und verläuft von der Tuberositas tibiae abwärts. Nach kranial geht er in einen Kamm über, der am lateralen Rand der Tuberositas bis zum Condylus lateralis verläuft.
- Der **Margo interosseus** ist ein vertikaler Kamm, der an der lateralen Seite der Tibia, ausgehend von der Gelenkfacette für die Fibula, hinabläuft.
- Der **Margo medialis** beginnt am ventralen Ende der Furche auf der dorsalen Oberfläche der medialen Tibiakondyle und ist in der Schaftmitte deutlich sichtbar.

Die große **Facies medialis** des Tibiaschafts, die sich zwischen dem Margo anterior und dem Margo medialis befindet, ist glatt, liegt subkutan und kann fast auf ihrer gesamten Länge getastet werden. Medial und kaudal der Tuberositas tibiae trägt die Facies medialis eine längliche Erhebung. Sie dient den vom Oberschenkel kommenden Musculi sartorius, gracilis und semitendinosus als gemeinsame Ansatzstelle und wird als Pes anserinus superficialis bezeichnet.

Die **Facies posterior** des Tibiaschafts zwischen dem Margo interosseus und dem Margo medialis ist kranial am breitesten und wird hier von einer schrägen Linie gekreuzt (Linea musculi solei).

Die **Facies lateralis**, die sich zwischen dem Margo anterior und dem Margo interosseus befindet, ist glatt und hat keine Besonderheiten.

Proximales Fibulaende

Die Fibula (Wadenbein) ist der laterale Knochen des Unterschenkels, der weder am Kniegelenk beteiligt ist noch gewichttragende Funktionen hat. Sie ist deutlich schmaler als die Tibia und besitzt ein kleines proximales Fibulaköpfchen (Caput fibulae), einen schmalen Hals (Collum fibulae) und einen zarten Schaft (Corpus fibulae), der als Malleolus lateralis den Außenknöchel bildet.

537

538

Das **Caput fibulae** ist kugelförmig und liegt am proximalen Fibulaende (Abb. 6.54). Eine runde Facette (Facies articularis capitis fibulae) an der kraniomedialen Oberfläche dient der Artikulation (Articulatio tibiofibularis) mit einer ähnlichen Facette (Facies articularis fibularis) am kranialen Condylus medialis der Tibia. Posterolateral dieser Facette zeigt der Knochen mit einem plumpen Apex capitis fibulae nach kranial.

Die laterale Oberfläche des Fibulaköpfchens trägt die Ansatzstelle für den Musculus biceps femoris. Eine Vertiefung an dessen Oberrand dient dem Ligamentum collaterale fibulare des Kniegelenks als Anheftungsstelle.

Das **Collum fibulae** trennt das Caput vom **Corpus fibulae**. Der Nervus fibularis communis liegt dem dorsolateralen Fibulahals direkt an.

Vergleichbar dem Tibiaschaft besitzt der Fibulaschaft drei Grenzen (Margines anterior, posterior und interosseus) sowie drei Oberflächen (Facies lateralis, posterior und medialis), die zwischen den Grenzen liegen (Abb. 6.54):

- Der **Margo anterior** beginnt ventral am Caput fibulae und ist im mittleren Schaftbereich scharf abgrenzbar.
- Der **Margo posterior** ist eher rund und läuft vom Apex capitis fibulae nach kaudal.
- Der **Margo interosseus** liegt medial.

Die drei Oberflächen der Fibula sind mit den drei Muskellogen (lateral, posterior und anterior) des Unterschenkels assoziiert.

Muskulatur

Die Muskeln des Oberschenkels liegen in drei Muskellogen, die durch Septa intermuscularia voneinander getrennt sind (Abb. 6.55).

Zur **ventralen Muskelloge des Oberschenkels (Extensoren)** gehören der Musculus sartorius, der in einer eigenen Faszienloge liegt, sowie der vierköpfige große Musculus quadriceps femoris (Musculus rectus femoris, Musculus vastus lateralis, Musculus vastus medialis und Musculus vastus intermedius). Alle Muskeln werden durch den Nervus femoralis innerviert. Zusätzlich ziehen noch die distalen Enden des Musculus iliacus und des Musculus psoas major in den oberen Teil der ventralen Muskelloge. Diese Muskeln werden von Ästen der Rami ventrales aus L1 – L3 (Musculus psoas major) und vom Nervus femoralis (Musculus iliacus) innerviert.

Die **mediale Muskelloge des Oberschenkels (Adduktoren)** enthält fünf Muskeln (Musculus gracilis, Musculus pectineus, Musculus adductor longus, Musculus adductor brevis und Musculus adductor magnus). Alle Muskeln mit Ausnahme des Musculus pectineus, der vom Nervus femoralis innerviert wird, sowie eines Teil des Musculus adductor magnus, der vom Nervus ischiadicus innerviert wird, werden vom Nervus obturatorius innerviert.

Abb. 6.54

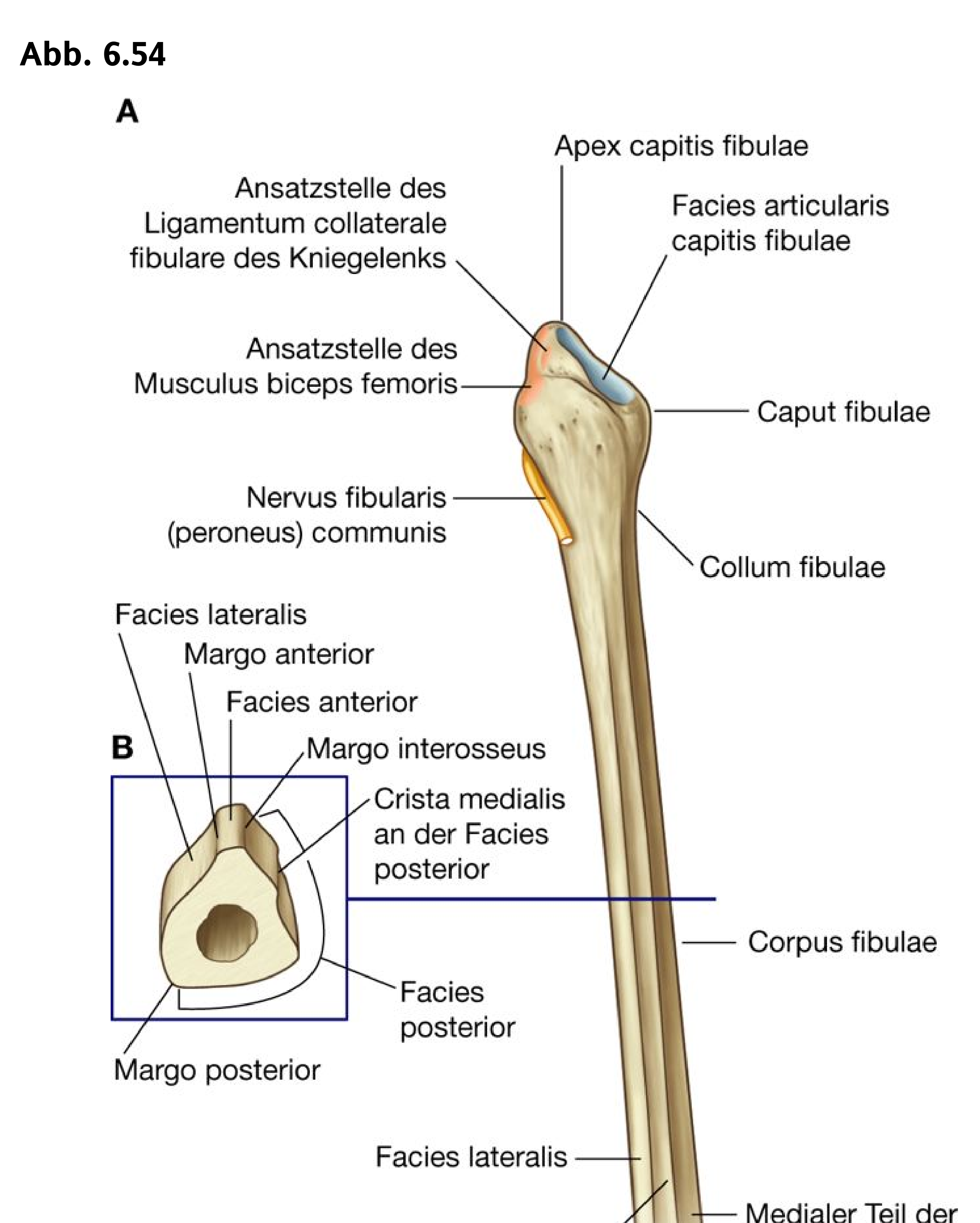
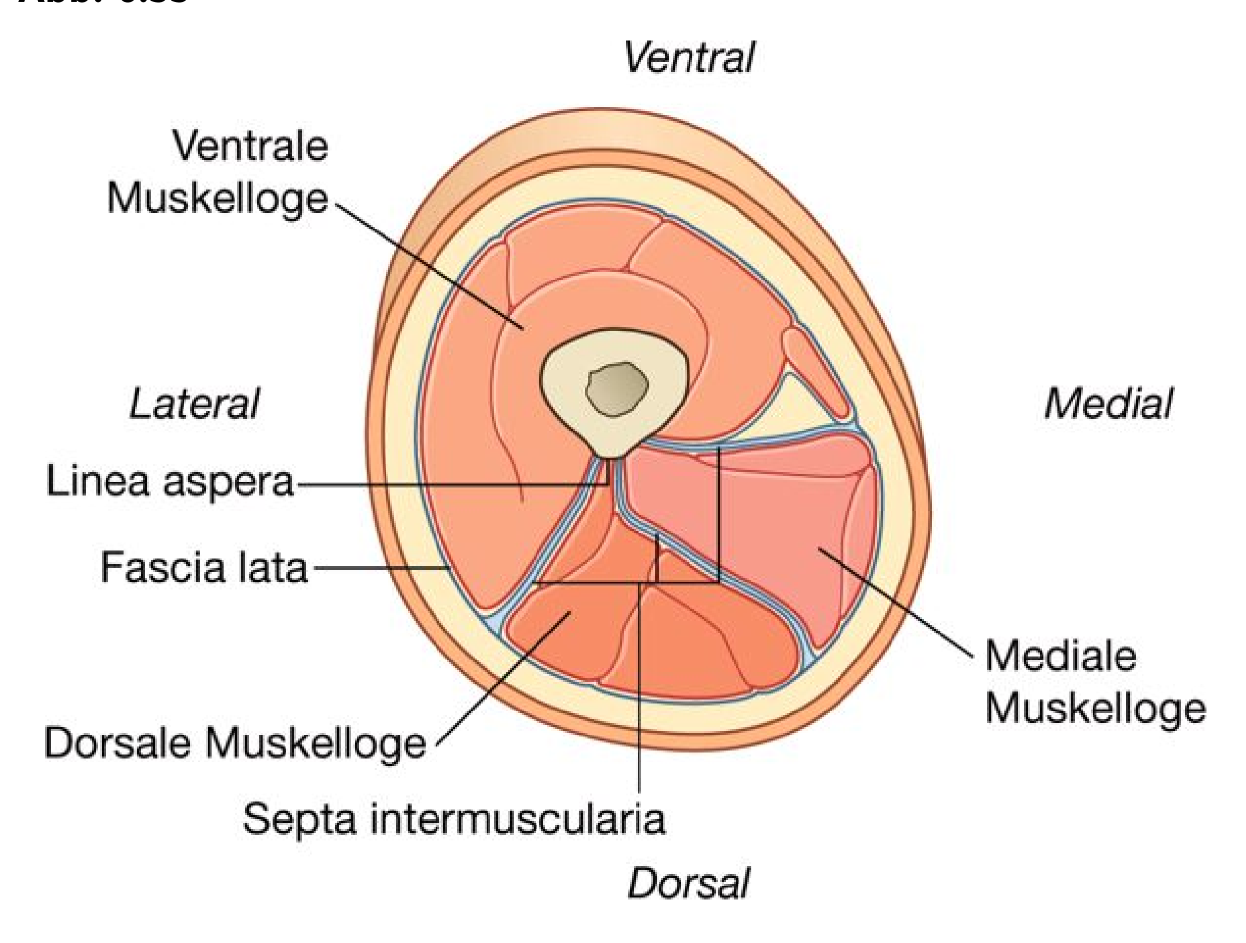


Abb. 6.54 Proximales Fibulaende. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Querschnitt durch den Fibulaschaft.

Die **dorsale Muskelloge des Oberschenkels (Flexoren)** enthält drei große Muskeln, die als ischiokrurale Muskeln zusammengefasst werden. Sie werden vom Nervus ischiadicus innerviert.

Abb. 6.55



Querschnitt durch die Oberschenkelmitte.

538

539

Ventrale Muskelloge

Die Muskeln der ventralen Muskelloge (Tab. 6.3) wirken an der Hüfte und am Kniegelenk:

- Musculus psoas major und Musculus iliacus wirken am Hüftgelenk.
- Musculus sartorius und Musculus rectus femoris wirken sowohl auf das Hüftgelenk als auch auf das Kniegelenk.
- Musculi vastus medialis, vastus lateralis und vastus intermedius wirken auf das Kniegelenk.

Musculus iliopsoas – Musculus psoas major und Musculus iliacus

Die **Musculi psoas major** und iliacus entspringen an der dorsalen Bauchwand und verlaufen durch die Lacuna musculorum in den oberen Anteil der ventralen Muskelloge des Oberschenkels (Abb. 6.56.

Obwohl sie als getrennte Muskeln im Abdomen entspringen, inserieren sie mit einer gemeinsamen Ansatzsehne am Trochanter minor und werden meist als **Musculus iliopsoas** zusammengefasst.

Der Musculus iliopsoas ist ein kräftiger Flexor des Oberschenkels im Hüftgelenk und trägt außerdem zur Außenrotation des Oberschenkels bei. Der Musculus psoas major wird durch die Rami anteriores L1 – L3 des Plexus lumbalis, der Musculus iliacus von Ästen des Nervus femoralis im Abdomen innerviert.

Musculus quadriceps femoris – Musculi vastus medialis, vastus intermedius, vastus lateralis und rectus femoris

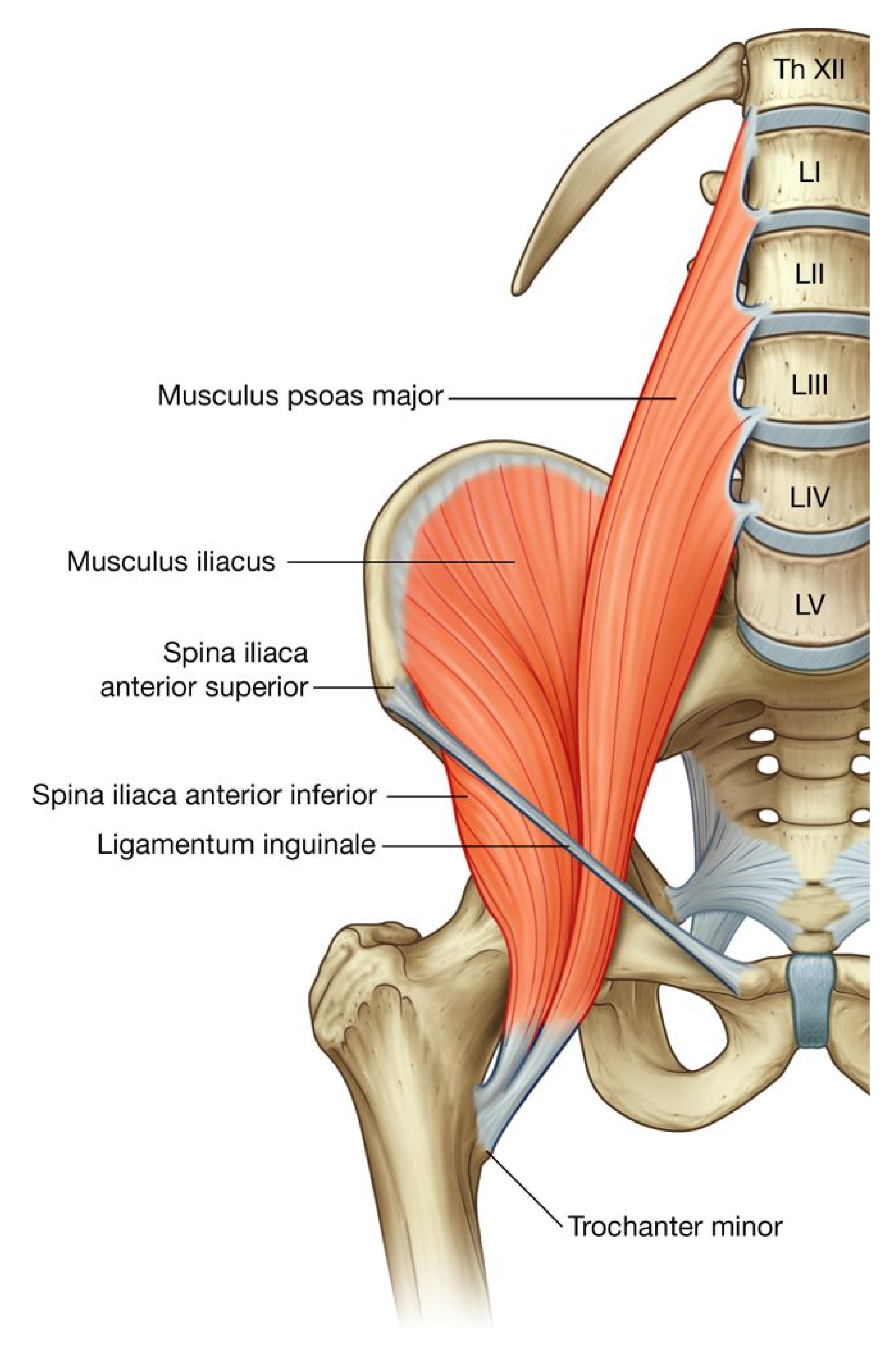
Der große **Musculus quadriceps femoris** besteht aus drei Musculi vasti (vastus medialis, vastus intermedius und vastus lateralis) und dem Musculus rectus femoris (Abb. 6.57).

Tab. 6.3 Muskeln der ventralen Oberschenkelloge (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus psoas major	Seitenfläche von BWK 12 und LWK 1 – 4, Processus costales der Lendenwirbel 1 – 5	Trochanter minor	Rami anteriores **(L1, L2, L3)** des Plexus lumbalis	Flexion im Hüftgelenk
Musculus iliacus	Fossa iliaca, Spina iliaca anterior inferior	Trochanter minor	Nervus femoralis (**L2**, L3)	Flexion im Hüftgelenk
Musculus vastus medialis	Femur: Linea intertrochanterica, Linea pectinea, Labium mediale der Linea aspera und Linea supracondylaris medialis	Sehne des Musculus quadriceps femoris und Margo medialis der Patella	Nervus femoralis (L2, **L3, L4)**	Extension im Kniegelenk
Musculus vastus intermedius	Vorderfläche des Femurschafts	Sehne des Musculus quadriceps femoris und Margo lateralis der Patella	Nervus femoralis (L2, **L3, L4)**	Extension im Kniegelenk
Musculus vastus lateralis	Linea intertrochanterica, Trochanter major, Labium laterale der Linea aspera	Sehne des Musculus quadriceps femoris	Nervus femoralis (L2, **L3, L4)**	Extension im Kniegelenk
Musculus rectus femoris	Spina iliaca anterior inferior (Caput rectum), Os ilium oberhalb des Acetabulums (Caput reflexum)	Sehne des Musculus quadriceps femoris	Nervus femoralis (L2, **L3, L4)**	Extension im Kniegelenk, Flexion im Hüftgelenk
Musculus sartorius	Spina iliaca anterior superior	Facies ventralis der proximalen Tibia, medial der Tuberositas tibiae	Nervus femoralis (L2, L3)	Flexion und Außenrotation im Hüftgelenk, Flexion und Innenrotation im Kniegelenk

539

Abb. 6.56



Musculi psoas major und iliacus.

Der Musculus quadriceps femoris streckt vorwiegend das Kniegelenk und trägt auch zur Flexion des Hüftgelenks bei. Da die Musculi vasti sowohl an der Patella als auch an der Quadrizepssehne (Tendo musculi quadricipitis femoris) ansetzen, stabilisieren sie die Position der Patella bei Kniebewegungen.

Der Musculus quadriceps femoris wird durch den Nervus femoralis aus den Spinalsegmenten L3 und L4 innerviert. Ein „Schlag“ mit dem Reflexhammer auf das Ligamentum patellae testet also vorwiegend die Spinalsegmente L3 und L4 und dient hier auch als Kennreflex.

Musculi vasti

Die Musculi vasti entspringen vom Femur, der Musculus rectus femoris am Becken. Alle Muskeln setzen über die Sehne des Musculus quadriceps femoris an der Patella und über das **Ligamentum patellae** an der Tibia an.

Der **Musculus vastus medialis** entspringt von der Linea intertrochanterica. Sein Ursprung verläuft nach dorsokaudal entlang der Linea pectinea und dem Labium mediale der Linea aspera sowie der Linea supracondylaris medialis. Die Fasern ziehen anschließend medial in die Sehne des Musculus quadriceps femoris sowie den Margo medialis der Patella (Abb. 6.57).

Der **Musculus vastus intermedius** entspringt von den oberen zwei Dritteln der Facies ventralis und lateralis des Femurs sowie dem angrenzenden Septum intermusculare. Der Muskel verläuft in die Tiefe der Sehne des Musculus quadriceps femoris und setzt außerdem am Margo lateralis patellae an.

Ein kleiner Muskel **(Musculus articularis genus)** entspringt von der Vorderfläche des Femurschafts direkt distal des Musculus vastus intermedius. Er inseriert an der Bursa suprapatellaris des Kniegelenks (Abb. 6.57). Der Muskel ist häufig Teil des Musculus vastus intermedius und zieht die Bursa bei der Extension vom Kniegelenk weg.

Der **Musculus vastus lateralis** ist der größte der Musculi vasti. Er entspringt von einer Linie, die anterolateral an der Linea intertrochanterica und dem Trochanter major beginnt und am Labium laterale der Linea aspera hinabläuft. Die Muskelfasern vereinigen sich, um an der Patellarsehne und an der lateralen Seitenfläche der Patella zu inserieren.

Musculus rectus femoris

Anders als die Musculi vasti, die nur über das Kniegelenk ziehen, verläuft der **Musculus rectus femoris** sowohl über das Kniegelenk als auch über das Hüftgelenk.

Der Musculus rectus femoris hat am Becken zwei Sehnenursprünge:

- an der Spina iliaca anterior inferior **(Caput rectum)**
- am Os ilium direkt oberhalb des Acetabulums **(Caput reflexum)**.

Beide Köpfe des Musculus rectus femoris vereinigen sich zu einem länglichen Muskelbauch, der ventral des Musculus vastus intermedius und zwischen den Musculi vasti medialis und lateralis liegt, mit denen er lateral und medial verbunden ist. Am distalen Ende verschmilzt der Musculus rectus femoris mit der Sehne des Musculus quadriceps femoris und inseriert an der Basis der Patella.

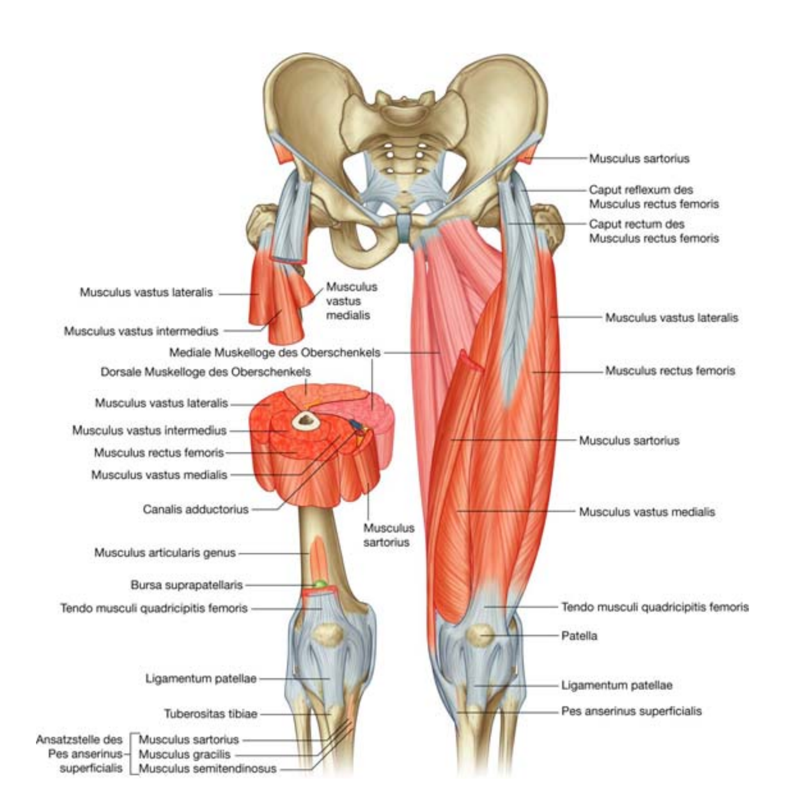
Ligamentum patellae

Das Ligamentum patellae ist funktionell die Verlängerung der Sehne des Musculus quadriceps femoris unterhalb der Patella. Sie ist am Apex patellae, an den Rändern der Patella sowie an der Tuberositas tibiae verankert (Abb. 6.57). Die oberflächlichen Fasern der Sehne des Musculus quadriceps femoris und des Ligamentum patellae stehen über der Vorderfläche der Patella in Verbindung, die seitlichen Fasern gehen an den Rändern der Patella ineinander über.

Musculus sartorius

Der **Musculus sartorius** ist der oberflächlichste Muskel der ventralen Oberschenkelloge. Er wird zwar der vorderen Muskelloge zugerechnet, liegt aber in einem eigenen 540 Faszienschlauch Der Musculus sartorius ist lang, bandförmig und verläuft schräg von der 541 Spina iliaca anterior superior zur Facies medialis der proximalen Tibia (Abb. 6.57). Seine flache Ansatzsehne liegt direkt ventral der Ansätze des Musculus gracilis und des Musculus semitendinosus.

Abb. 6.57



Muskeln der ventralen Muskelloge des Oberschenkels.

Die Musculi sartorius, gracilis und semitendinosus setzen an der Tibia in einer „Dreizack“-Form an. Dieser gemeinsame Sehnenansatz wird als **Pes anserinus superficialis** (lateinische Bezeichnung für Gänsefuß) bezeichnet und dem **Pes anserinus profundus** (Ansatzsehne des Musculus semimembranosus unterhalb des Pes anserinus superficialis) gegenübergestellt.

Im oberen Drittel des Oberschenkels bildet der mediale Rand des Musculus sartorius die laterale Begrenzung des Trigonum femorale.

Im mittleren Oberschenkeldrittel bildet der Musculus sartorius die ventrale Wand des Canalis adductorius (Adduktorenkanal).

541
542

Der Musculus sartorius beugt im Hüft- und Kniegelenk. Außerdem trägt er zur Außenrotation im Hüftgelenk und zur Innenrotation im Kniegelenk bei.

Der Musculus sartorius wird vom Nervus femoralis innerviert.

Mediale Muskelloge des Oberschenkels

Sechs Muskeln liegen in der medialen Muskelloge des Oberschenkels (Tab. 6.4): Musculi gracilis, pectineus, adductor longus, adductor brevis, adductor magnus und obturatorius externus (Abb. 6.56). Mit Ausnahme des Musculus obturatorius externus adduzieren sie im Hüftgelenk. Der Musculus adductor longus und der Musculus adductor magnus können außerdem die Hüfte nach innen rotieren. Der Musculus obturatorius externus ist ein Außenrotator des Oberschenkels im Hüftgelenk.

Musculus gracilis

Der **Musculus gracilis** liegt von den Adduktoren am oberflächlichsten und verläuft beinahe vertikal am medialen Oberschenkel abwärts (Abb. 6.58). Er hat seinen Ursprung am Ramus inferior ossis pubis und inseriert am Pes anserinus superficialis an der medialen Oberfläche der proximalen Tibia zwischen Musculus semitendinosus und Musculus sartorius.

Musculus pectineus

Der **Musculus pectineus** ist ein viereckiger Muskel (Abb. 6.59). Er entspringt am Pecten ossis pubis, an der Eminentia iliopubica und dem Tuberculum pubicum des Beckens. Der Muskel verläuft dann nach laterokaudal, um an der Linea pectinea und der proximalen Linea aspera am dorsalen Femurs anzusetzen.

Von seinem Ursprung am Pecten ossis pubis des Beckens verläuft der Musculus pectineus unterhalb des Ligamentum inguinale in den Oberschenkel und bildet einen Teil des medialen Bodens des Trigonum femorale.

Der Musculus pectineus adduziert, flektiert und außenrotiert das Hüftgelenk. Er wird vom Nervus femoralis innerviert.

Musculus adductor longus

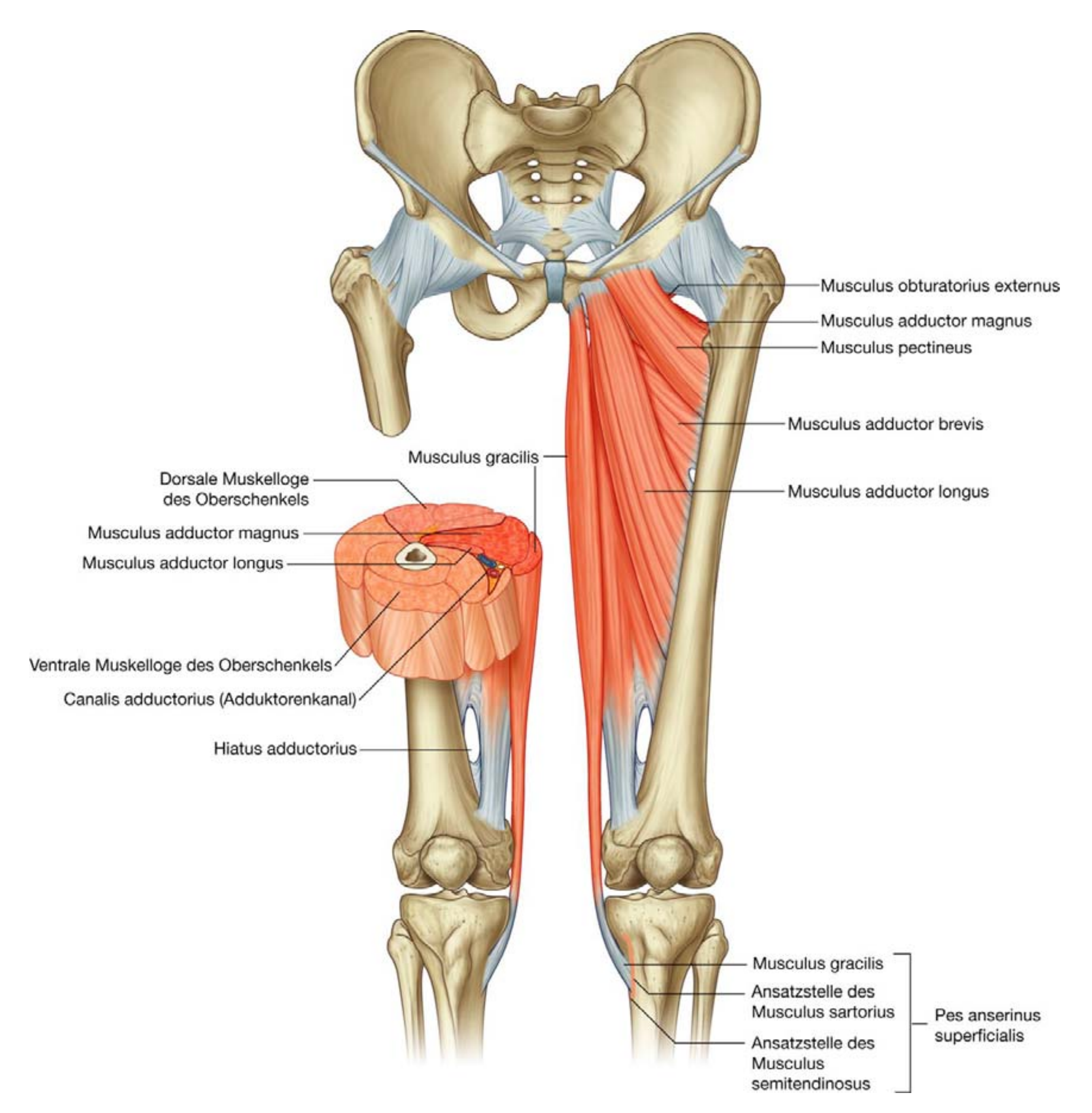
Tab. 6.4 Muskeln der medialen Oberschenkelloge (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus gracilis	Ramus inferior ossis pubis	Mediale Oberfläche der proximalen Tibia (Pes anserinus superficialis)	Ramus anterior des Nervus obturatorius **(L2**, L3)	Adduktion und Flexion im Kniegelenk; Flexion und Innenrotation im Kniegelenk
Musculus pectineus	Pecten ossis pubis, Eminentia iliopubica und Tuberculum pubicum	Linea pectinea und proximale Linea aspera am dorsalen Femur	Nervus femoralis **(L2**, L3)	Adduktion, Flexion und Außenrotation im Hüftgelenk
Musculus adductor longus	Außenfläche des Os pubis (unterhalb des Tuberculum pubicum)	Mittleres Drittel des Labium mediale der Linea aspera	Ramus anterior des Nervus obturatorius **(L2**, L3, L4)	Adduktion und Flexion im Hüftgelenk
Musculus adductor brevis	Ramus inferior ossis pubis	Oberer Teil des Labium mediale der Linea aspera	Ramus anterior des Nervus obturatorius (L2, L3)	Adduktion und Flexion im Hüftgelenk
Musculus adductor magnus (Musculus adductor minimus)	Ramus inferior ossis pubis, Ramus ossis ischii, Tuber ischiadicum	Labium mediale der Linea aspera, Tuberculum adductorium des Epicondylus medialis femoris	Ramus posterior des Nervus obturatorius **(L2, L3, L4)**, Nervus tibialis des Nervus ischiadicus **(L2, L3, L4)**	Adduktion und Innenrotation des Hüftgelenks
Musculus obturatorius externus	Außenfläche der Membrana obturatoria und der umliegenden Knochen (Os ischii, Os pubis)	Fossa trochanterica	Ramus posterior des Nervus obturatorius (L3, **L4)**	Adduktion und Außenrotation im Hüftgelenk

Der **Musculus adductor longus** ist ein flacher, fächerförmiger Muskel, der von einem kleinen, rauen, dreieckigen Areal an der Außenfläche des Os pubis unterhalb des Tuberculum pubicum auf der Vorderfläche der Symphyse entspringt (Abb. 6.59). Er breitet sich in seinem Verlauf nach kaudal aus und inseriert über eine Aponeurose am mittleren Drittel des Labium mediale der Linea aspera.

543

Abb. 6.58



Muskeln der medialen Oberschenkelloge. Ansicht von ventral.

Der Musculus adductor longus trägt zum Boden des Trigonum femorale bei. Sein medialer Rand formt dessen mediale Begrenzung. Außerdem bildet der Muskel die proximale Hinterwand des Canalis adductorius, der die Arteria femoralis enthält.

Der Musculus adductor longus bewirkt eine Adduktion und Flexion im Hüftgelenk und wird vom Ramus anterior des Nervus obturatorius innerviert.

543
544

Musculus adductor brevis

Der **Musculus adductor brevis** liegt dorsal der Musculi pectineus und adductor longus. Er ist dreieckig und entspringt mit seiner Spitze am Ramus inferior ossis pubis oberhalb des Musculus gracilis (Abb. 6.59). Der Muskel setzt mit seiner Aponeurose an einer vertikalen

Linie an, die von der Insertionsstelle des Musculus pectineus bis zum oberen Teil des Labium mediale der Linea aspera zieht.

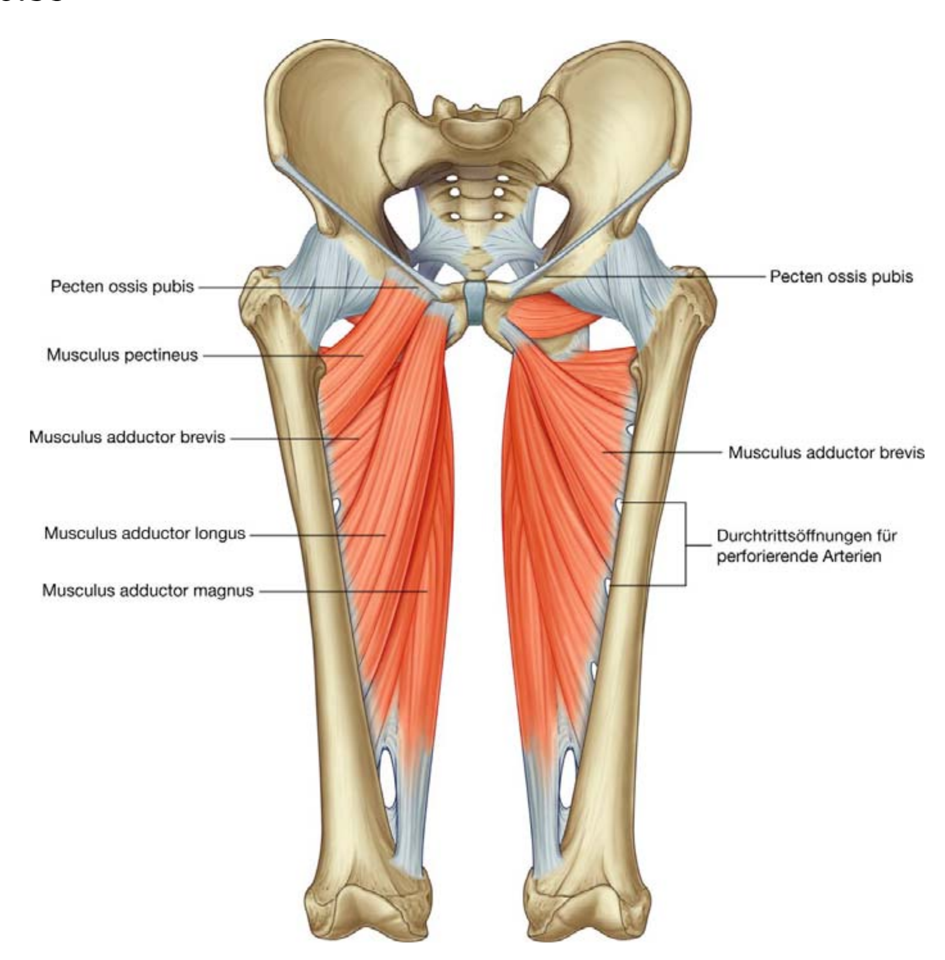
Der Musculus adductor brevis bewirkt eine Adduktion und Beugung im Hüftgelenk und wird durch den Nervus obturatorius innerviert.

Musculus adductor magnus

Der **Musculus adductor magnus** ist der größte und tiefste Muskel in der Adduktorenloge (Abb. 6.60). Er bildet die distale Hinterwand des Canalis adductorius. Genauso wie die Musculi adductores longus und brevis ist der Musculus adductor magnus dreieckig, fächerförmig und setzt mit seiner Spitze am Becken und mit seiner Basis am Femur an.

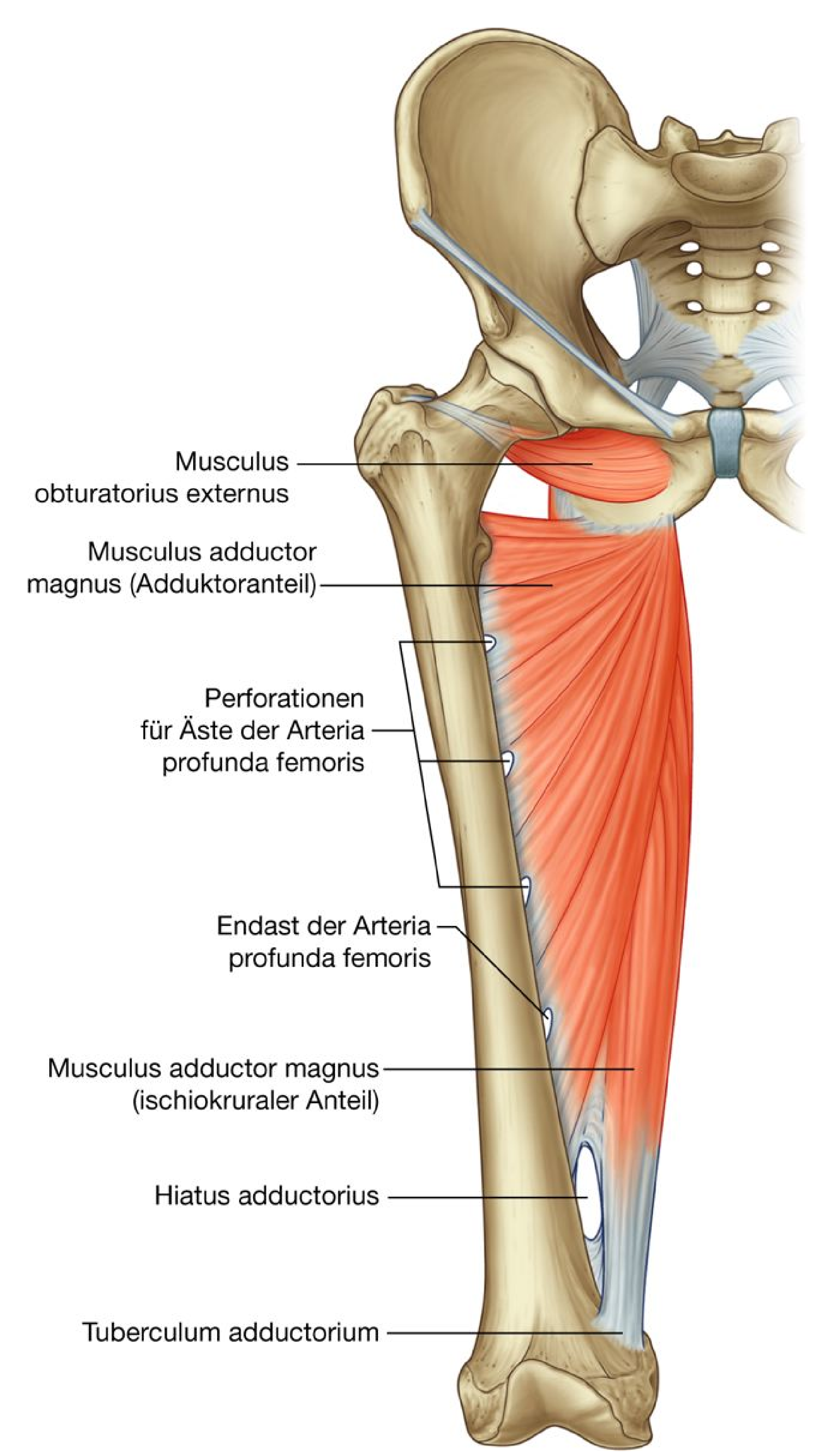
Am Becken inseriert der Musculus adductor magnus an einer Linie, die vom Ramus inferior ossis pubis über den Ramus ossis ischii zum Tuber ischiadicum zieht. Der Anteil des Muskels, der vom Ramus inferior ossis pubis entspringt, verläuft nach lateral und distal, um am Femur in einer vertikalen Linie zu inserieren, die vom Tuberculum quadratum entlang dem Labium mediale der Linea aspera zur Linea supracondylaris medialis zieht. Dieser laterale Teil des Muskels wird häufig als Adduktoranteil bezeichnet.

Abb. 6.59



Musculus pectineus, Musculus adductor longus und Musculus adductor brevis. Ansicht von ventral.

Abb. 6.60



Musculus adductor magnus und Musculus obturatorius externus. Ansicht von ventral.

Der mediale Anteil des Musculus adductor magnus wird häufig als ischiokruraler Anteil bezeichnet. Er entspringt vom Tuber ischiadicum des Beckens und verläuft fast vertikal, um dann mit einer runden Ansatzsehne am Tuberculum adductorium des Epicondylus medialis femoris zu inserieren. Außerdem setzt er über eine Aponeurose an der Linea supracondylaris medialis an. Eine große runde Öffnung zwischen den beiden Anteilen wird als **Hiatus adductorius** bezeichnet (Abb. 6.60). Der Hiatus dient der Arteria femoralis und den Begleitvenen als Ausgang aus dem Canalis adductorius, der die Verbindung zwischen dem anteromedialen Oberschenkel und der Fossa poplitea darstellt.

Der Musculus adductor magnus bewirkt eine Adduktion und Innenrotation des Hüftgelenks. Der Adduktoranteil wird vom Nervus obturatorius innerviert; die Innervation des ischiokruralen Anteils erfolgt durch den Nervus tibialis des Nervus ischiadicus.

Musculus adductor minimus

Der **Musculus adductor minimus** ist eine Abspaltung des Musculus adductor magnus. Er ist ein schwacher Adduktor und Außenrotator des Oberschenkels und wird vom Nervus obturatorius innerviert.

Canalis adductorius (Adduktorenkanal)

Der Adduktorenkanal verläuft von der Vorderseite des Oberschenkels in Richtung Kniekehle (Verbindung zwischen ventraler und dorsaler Oberschenkelseite). Der Kanal besteht aus einer etwa 6 cm langen Furche, die sich zwischen Musculus vastus medialis sowie den Musculi adductores magnus und longus erstreckt. Die Furche wird von einer derben Sehnenplatte (Membrana vastoadductoria) zum Kanal verschlossen. Die Membran wird von Sehnenfasern der Musculi adductores longus und magnus gebildet, die sich zwischen den beiden Muskeln und dem Musculus vastus medialis ausspannen und so im Bereich der Kniekehle den Hiatus adductorius (Adduktorenschlitz) bilden.

Durch den Canalis adductorius ziehen die Arteria und Vena femoralis sowie der Nervus saphenus (ein Ast des Nervus femoralis). Letzterer verläuft ein kurzes Stück mit der Arteria femoralis in den Adduktorenkanal und verlässt ihn anschließend mit der Arteria descendens genus durch die Membrana vastoadductoria.

Musculus obturatorius externus

Der **Musculus obturatorius externus** ist ein flacher fächerförmiger Muskel. Sein ausgeprägter Körper setzt an der Außenfläche der Membrana obturatoria und den umliegenden Knochen des Foramen obturatum (Os ischii, Os pubis) an (Abb. 6.60). Die Muskelfasern laufen nach posterolateral und bilden eine Sehne, die hinter das Hüftgelenk und das Collum femoris verläuft, um an der lateralen Wand der Fossa trochanterica anzusetzen.

Der Musculus obturatorius externus rotiert das Hüftgelenk nach außen und wird vom Ramus posterior des Nervus obturatorius innerviert.

Dorsale Muskelloge des Oberschenkels

In der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels liegen drei lange Muskeln: die Musculi biceps femoris, semitendinosus und semimembranosus (Tab. 6.5). Gemeinsam werden sie als ischiokrurale Muskulatur bezeichnet (Abb. 6.61). Mit Ausnahme des Caput breve des Musculus biceps femoris sind alle Muskeln zweigelenkig, verlaufen also über Hüft- und Kniegelenk. Als Muskelgruppe bewirken die ischiokruralen Muskeln eine Flexion des Kniegelenks und eine Extension im Hüftgelenk. Außerdem wirken sie als Rotatoren in beiden Gelenken.

545
546

Musculus biceps femoris

Der Musculus biceps femoris liegt lateral in der Flexorenloge des Oberschenkels und hat zwei Köpfe (Abb. 6.61):

- Das **Caput longum** entspringt zusammen mit dem Musculus semitendinosus vom inferomedialen Anteil des Tuber ischiadicum des Os ischii.
- Das **Caput breve** entspringt vom Labium laterale der Linea aspera des Femurs.

Der Muskelbauch des Caput longum kreuzt den dorsalen Oberschenkel von medial nach lateral und verbindet sich dann distal mit dem Caput breve. Die Köpfe bilden gemeinsam eine Sehne, die an der lateralen Seite des distalen Oberschenkels tastbar ist. Der Hauptanteil der Sehne setzt an der lateralen Oberfläche des Caput fibulae an. Fortsätze der Sehne verbinden sich mit dem Ligamentum collaterale fibulare und anderen Bändern an der lateralen Seite des Kniegelenks.

Das Caput longum wird vom Nervus tibialis innerviert; die Innervation des Caput breve erfolgt durch den Nervus fibularis (peroneus) communis.

Musculus semitendinosus

Der **Musculus semitendinosus** liegt medial des Musculus biceps femoris in der dorsalen Muskelloge (Abb. 6.61). Er entspringt zusammen mit dem Caput longum des Musculus biceps femoris am Tuber ischiadicum. Der spindelförmige Muskelbauch endet in der unteren Hälfte des Oberschenkels und bildet eine schnurartige Sehne, die auf dem Musculus semimembranosus liegt und zum Knie verläuft. Die Sehne schlingt sich um den Condylus medialis der Tibia und inseriert an der medialen Oberfläche der Tibia direkt hinter den Sehnen der Musculi sartorius und gracilis am Pes anserinus superficialis.

Der Musculus semitendinosus streckt das Hüftgelenk und flektiert das Kniegelenk, zusammen mit dem Musculus semimembranosus bewirkt er eine Innenrotation im Kniegelenk.

Der Musculus semitendinosus wird vom Nervus tibialis aus dem Nervus ischiadicus innerviert.

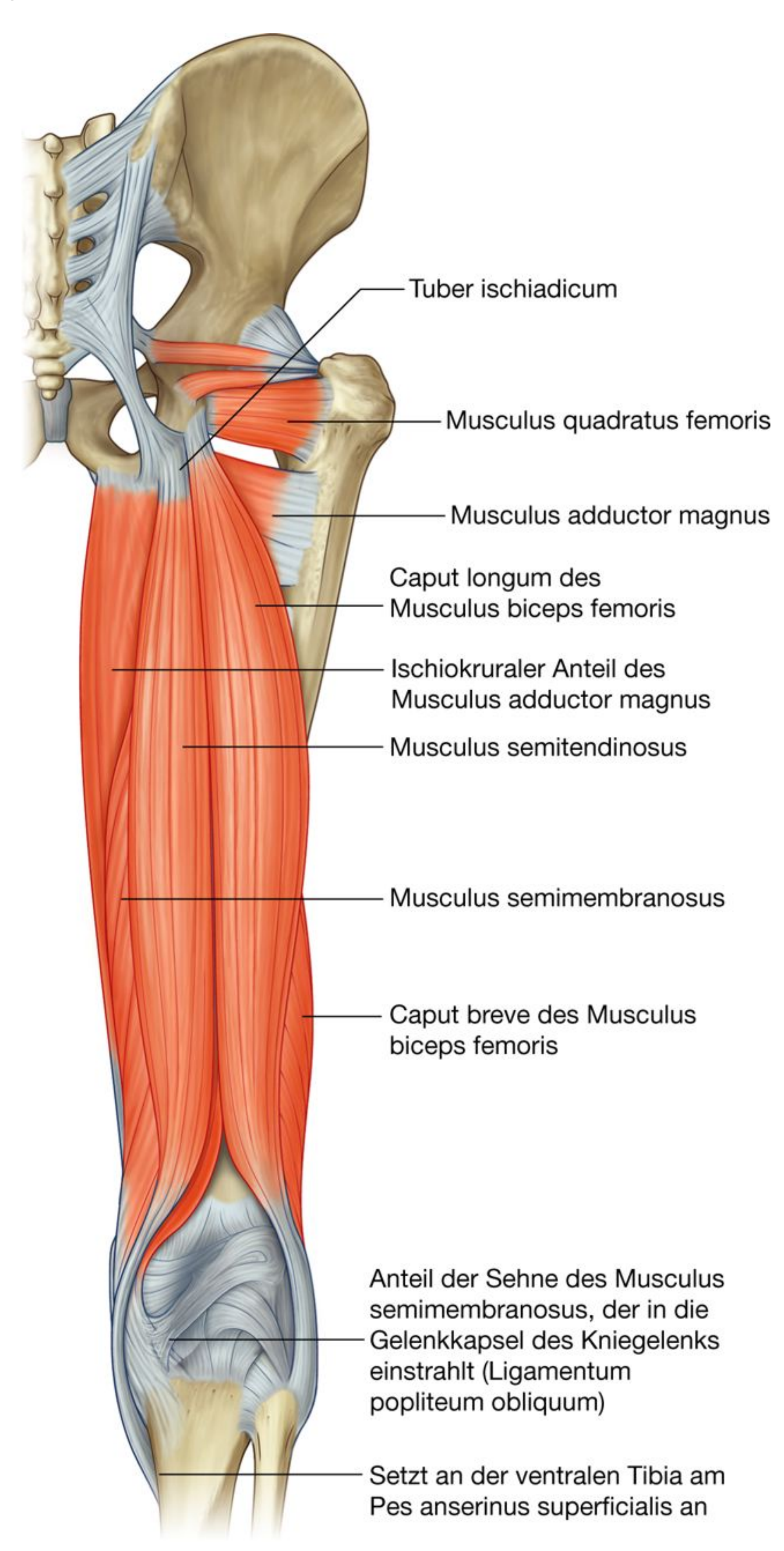
Musculus semimembranosus

Der **Musculus semimembranosus** liegt unterhalb des Musculus semitendinosus in der dorsalen Oberschenkelloge (Abb. 6.61). Er entspringt superolateral am Tuber ischiadicum und setzt an der Hinter- und Seitenfläche des Condylus medialis tibiae an. Ausläufer der Sehne setzen an der Faszie des Musculus popliteus und dem Ligamentum popliteum an der Hinterwand der Gelenkkapsel an und bilden so den Pes anserinus profundus.

Der Musculus semimembranosus streckt das Hüftgelenk und beugt das Kniegelenk. Außerdem bewirkt er eine Innenrotation im Kniegelenk.

Der Musculus semimembranosus wird vom Nervus tibialis innerviert.

Abb. 6.61



Muskeln der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels. Ansicht von dorsal.

Tab. 6.5 Muskeln der dorsalen Oberschenkelloge (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus biceps femoris	Caput longum: inferomedialer Anteil des Tuber ischiadicum Caput breve: Labium laterale der Linea aspera	Caput fibulae	Nervus ischiadicus (L5–S2); Caput longum durch den Nervus tibialis, Caput breve durch den Nervus fibularis communis	Extension im Hüftgelenk, Flexion und Außenrotation im Kniegelenk
Musculus semitendinosus	Inferomedialer Anteil des Tuber ischiadicum	Mediale Fläche der proximalen Tibia	Nervus ischiadicus (L5–S2), Pars tibialis	Extension im Hüftgelenk, Flexion und Innenrotation im Kniegelenk
Musculus semimembranosus	Superolateral am Tuber ischiadicum	Hinter- und Seitenfläche des Condylus medialis der Tibia, Faszie des Musculus popliteus, Ligamentum popliteum (Pes anserinus profundus)	Nervus ischiadicus (L5, S1, S2), Pars tibialis	Extension im Hüftgelenk, Flexion und Innenrotation im Kniegelenk

Klinik

Muskelverletzungen der unteren Extremität

Muskelverletzungen können das Ergebnis eines direkten Traumas sein oder durch Überbeanspruchung entstehen.

Muskelverletzungen treten meist als Muskelfaserriss auf, der durch eine fokale Flüssigkeitsansammlung im Muskel nachweisbar ist. Mit zunehmender Schwere der Verletzung reißen weitere Muskelfasern. Dies kann gelegentlich in einem kompletten Muskelriss enden. Meist sind der Musculus biceps femoris und die anderen ischiokruralen Muskeln von Muskelfaserrissen betroffen. Am Unterschenkel kommen Muskelfaserrisse vor allem im Musculus soleus vor, aber auch andere Unterschenkelmuskeln können betroffen sein.

Arterien

Drei Arterien treten in den Oberschenkel: die Arteriae femoralis, obturatoria und glutea inferior. Die Arteria femoralis ist die größte der drei Arterien. Sie versorgt den Großteil der unteren Extremität. Alle drei Arterien tragen zum Gefäßnetzwerk des Hüftgelenks bei.

Arteria femoralis

Die Arteria femoralis bildet die Fortsetzung der Arteria iliaca externa und beginnt unterhalb des Leistenbands. Von hier verläuft sie durch das Trigonum femorale (Schenkeldreieck) im ventralen Oberschenkel (Abb. 6.62). *Die Arteria femoralis ist im Schenkeldreieck direkt kaudal des Leistenbandes in der Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphyse tastbar*.

Die Arteria femoralis verläuft vertikal durch das Trigonum femorale zum Canalis adductorius. Sie verlässt den Adduktorenkanal, indem sie durch den Hiatus adductorius des Musculus adductor magnus tritt und hier im Bereich der Rückseite des Kniegelenks zur Arteria poplitea wird.

Eine Gruppe von kleinen Gefäßästen – **Arteriae epigastrica superficialis, circumflexa ilium superficialis und pudendae externae** – entspringt im Trigonum femorale aus der Arteria femoralis und versorgt die Haut des kranialen Oberschenkelabschnitts, den kaudalen Bereich des Abdomens und das Perineum. Ein kleiner Ast einer Arteria pudenda externa versorgt als Arteria pudenda externa profunda über Rami scrotales anteriores das Scrotum.

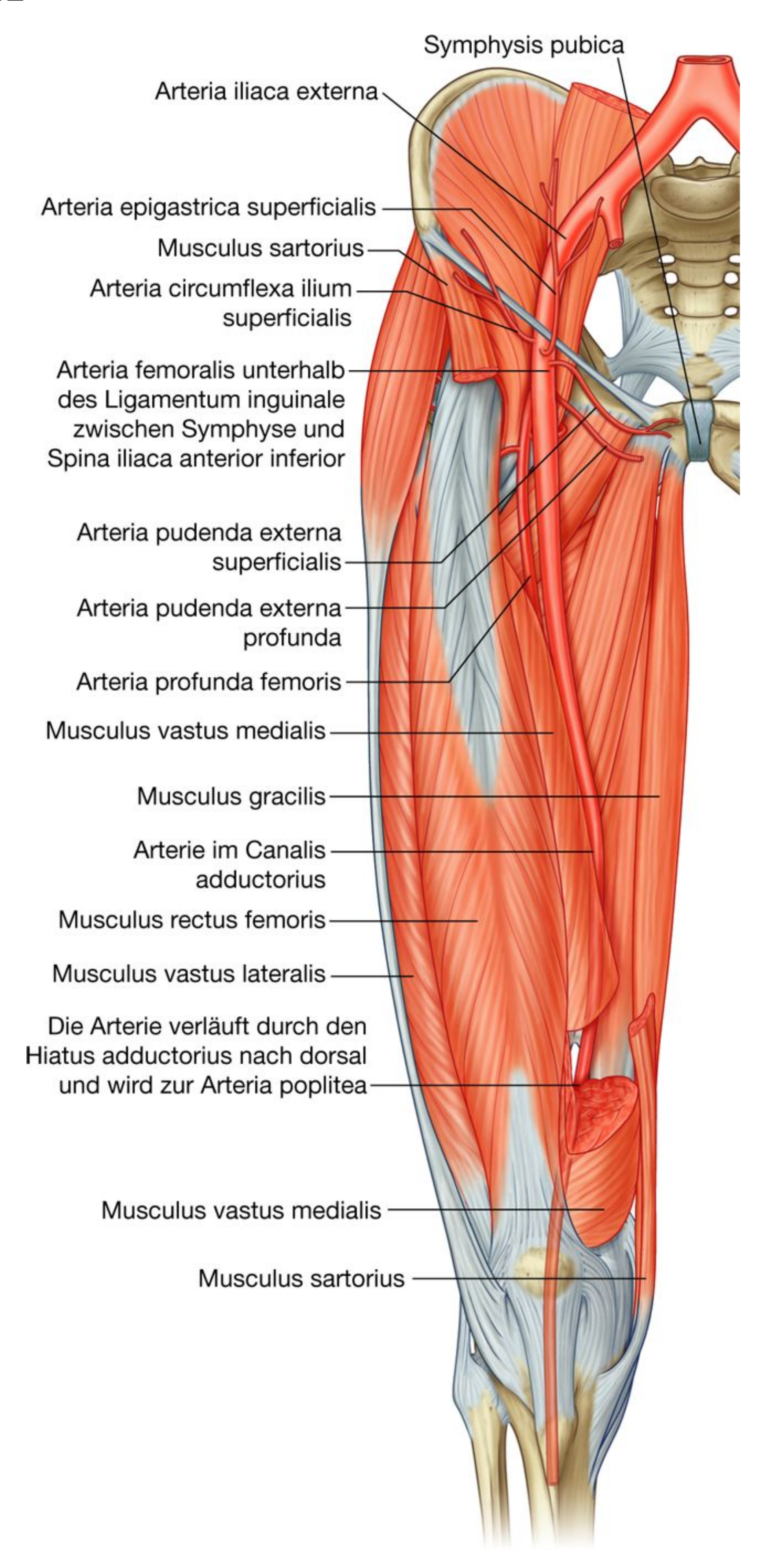
Arteria profunda femoris

Der größte Ast der Arteria femoralis am Oberschenkel ist die **Arteria profunda femoris**, die im Trigonum femorale lateral aus der Arteria femoralis entspringt. Sie liefert die Hauptblutversorgung für den Oberschenkel (Abb. 6.63). Die Arteria profunda femoris verläuft

547
548

- nach dorsal zwischen den Musculus pectineus und Musculus adductor longus und tritt anschließend zwischen den Musculus adductor longus und den Musculus adductor brevis.
- Im weiteren distalwärts gerichteten Verlauf zieht sie zwischen dem Musculus adductor longus und dem Musculus adductor magnus, um schließlich durch den Musculus adductor magnus hindurchzutreten und sich in der Kniekehle mit Ästen der Arteria poplitea zu verbinden.

Abb. 6.62



Arteria femoralis.

Die Arteria profunda femoris gibt die Arteriae circumflexae femoris medialis und lateralis sowie drei Arteriae perforantes (I, II und III) ab.

Arteria circumflexa femoris lateralis

Die **Arteria circumflexa femoris lateralis** entspringt normalerweise proximal aus der lateralen Seite der Arteria profunda femoris. Sie kann aber auch direkt aus der Arteria femoralis entspringen (Abb. 6.63). Die Arterie verläuft unterhalb der Musculi sartorius und rectus femoris und teilt sich in drei EndÄste:

- Der **Ramus ascendens** verläuft unterhalb des Musculus tensor fasciae latae nach kranial und anastomosiert mit einem Ast der Arteria circumflexa femoris medialis. Er bildet so eine Verbindung, die um das Collum femoris verläuft und das Collum und das Caput femoris mit Blut versorgt (Hauptblutversorgung des Femurkopfs).
- Der **Ramus descendens** verläuft unterhalb des Musculus rectus femoris nach kaudal, tritt durch den Musculus vastus lateralis und verbindet sich mit einem Ast der Arteria poplitea am Knie.
- Der **Ramus transversus** verläuft nach lateral, durchbricht den Musculus vastus lateralis und schlingt sich um den proximalen Femurschaft, um mit Ästen der Arteria circumflexa femoris medialis, der Arteria glutea inferior und dem Ramus perforans I der Arteria profunda femoris das Anastomosennetz der Hüfte zu bilden.

Arteria circumflexa femoris medialis

Die **Arteria circumflexa femoris medialis** entspringt normalerweise proximal am posteromedialen Anteil der Arteria profunda femoris, kann aber auch direkt aus der Arteria femoralis hervorgehen (Abb. 6.63). Sie verläuft medial um den Femurschaft, zunächst zwischen den Musculi pectineus und iliopsoas und dann zwischen den Musculi obturatorius externus und adductor brevis. Am Rand des Musculus adductor brevis gibt sie einen kleinen Ramus acetabularis ab, der durch die Incisura acetabuli in das Hüftgelenk tritt und mit dem Ramus acetabularis der Arteria obturatoria anastomosiert.

Der Hauptstamm der Arteria circumflexa femoris medialis läuft über den Oberrand des Musculus adductor magnus und teilt sich unterhalb des Musculus quadratus femoris in zwei Hauptäste:

- Der eine Ast verläuft nach kranial zur Fossa trochanterica und verbindet sich mit den Arteriae gluteae und circumflexa femoris lateralis.
- Der andere Ast verläuft nach lateral, um mit den Ästen der Arteria circumflexa femoris lateralis, Arteria glutea inferior und dem Ramus perforans I das Gefäßnetzwerk des Hüftgelenks zu bilden.

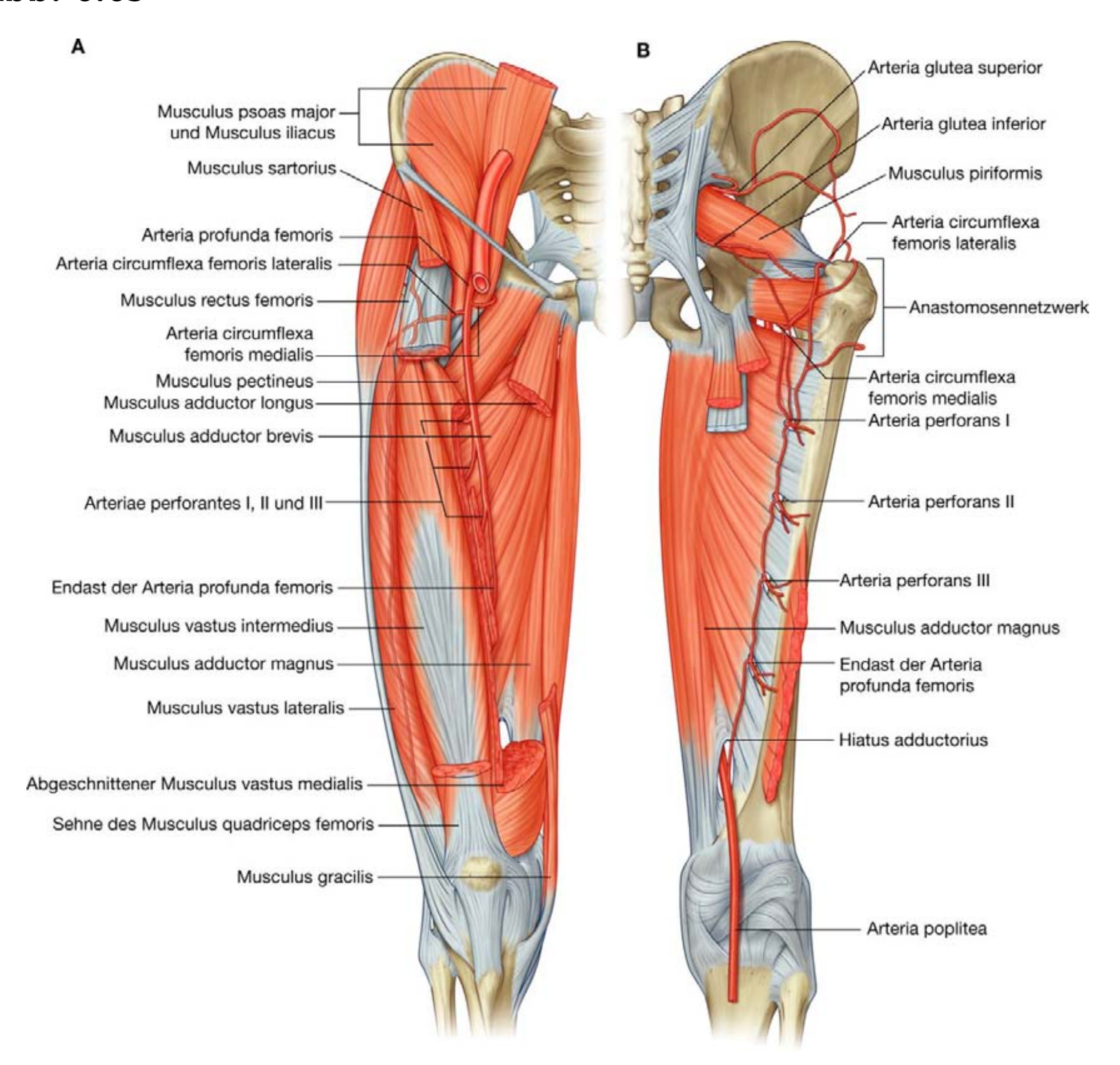
548

Arteriae perforantes

Die drei **Arteriae perforantes (I, II und III)** gehen aus der Arteria profunda femoris (Abb. 6.63) auf ihrem Weg nach distal ab – die Arteria perforans I entspringt oberhalb des Musculus adductor brevis, die Arteria perforans II ventral vom Musculus adductor brevis, und die Arteria perforans III geht unterhalb des Muskels aus der Arteria profunda femoris hervor. Alle drei Arterien penetrieren den Musculus adductor magnus nahe seiner Ansatzstelle an der Linea aspera und treten in die dorsale Muskelloge des Oberschenkels ein. Hier steht jede der drei Arterien jeweils über einen Ramus ascendens und einen Ramus descendens mit der anderen sowie kranial (Arteria perforans I) mit der Arteria circumflexa femoris medialis und kaudal (Arteria perforans III) mit Ästen der Arteria poplitea in Verbindung. Die Arterien bilden so einen longitudinalen Kanal, der kranial zum Gefäßnetzwerk der Hüfte und kaudal zur Blutversorgung des Kniegelenks beiträgt.

Arteria obturatoria

Abb. 6.63



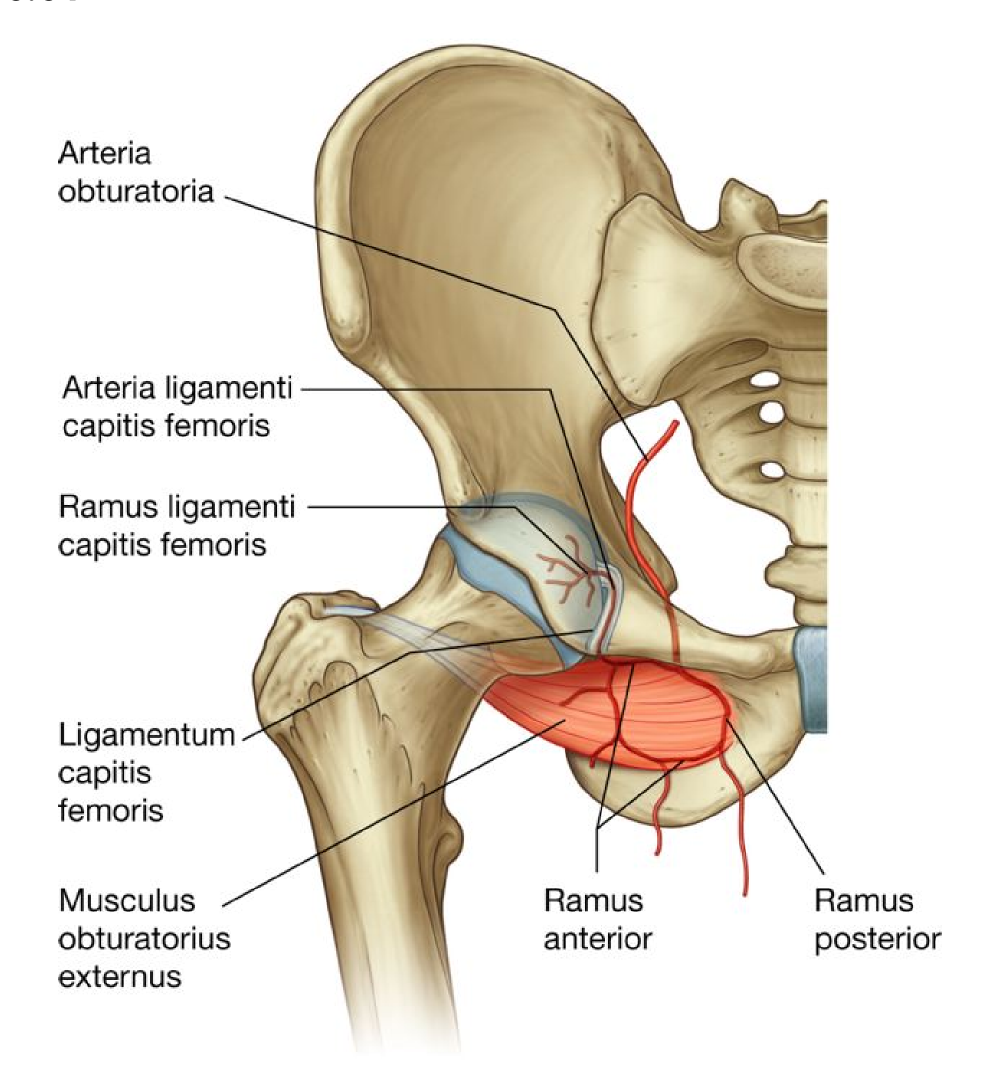
Arteria profunda femoris. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von dorsal.

550

Die **Arteria obturatoria** entspringt im Becken als Ast der Arteria iliaca interna und tritt dann durch den Canalis obturatorius in die Adduktorenloge des Oberschenkels (Abb. 6.64).In ihrem Verlauf durch den Canalis obturatorius gibt sie zunächst einen kleineren Ramus pubicus und einen Ramus acetabularis ab. Anschließend teilt sie sich in einen **Ramus anterior** und einen **Ramus posterior**. Die beiden Äste bilden eine gemeinsame Verbindung, die um den Rand der Membrana obturatoria verläuft und am Ansatz des Musculus obturatorius externus liegt.

Gefäße, die von den beiden Ästen abgehen, versorgen die umliegenden Muskeln und anastomosieren mit den Arteriae glutea inferior und circumflexa femoris medialis. Aus dem Ramus anterior entspringt außerdem ein Ramus ligamenti capitis femoris, der durch das Ligamentum capitis femoris zieht und mehr oder weniger zur Blutversorgung des Femurkopfs beiträgt. *Bei einer Schenkelhalsfraktur wird die Blutversorgung über die Äste des Gefäßkranzes um den Schenkelhals aus den Arteriae circumflexae femoris medialis und lateralis meist insuffizient. Die noch bestehende Blutversorgung über den Ramus ligamenti capitis femoris aus der Arteria obturatoria reicht aber meist nicht aus, um die Blutversorgung des Femurkopfs zu kompensieren. Dadurch kommt es häufig zur Femurkopfnekrose.*

Abb. 6.64



Arteria obturatoria.

Klinik

Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK)

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit ist häufig durch eine reduzierte Durchblutung der unteren Extremität charakterisiert. Die Erkrankung kann durch Stenosen (Einengungen) und/oder Okklusionen der distalen Aorta, Arteria iliaca, Arteria femoralis, Arteria tibialis oder Arteria fibularis bedingt sein. Die Patienten stellen sich entweder mit chronischer arterieller Verschlusskrankheit oder mit akutem Arterienverschluss bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit vor.

Chronische arterielle Verschlusskrankheit

Häufig liegen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit arteriosklerotische Gefäßveränderungen zugrunde. Meist bestehen Stenosierungen des Gefäßlumens von über 50%. Die meisten Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit haben weitere Manifestationen einer generalisierten Arteriosklerose (inklusive koronarer Herzkrankheit und zerebrovaskulärer Verschlusskrankheit), die auch asymptomatisch sein können. Einige dieser Patienten entwickeln eine so schwere Ischämie, dass die Überlebensfähigkeit der Extremität **(kritische Extremitätenischämie)** gefährdet ist.

Das häufigste Symptom der pAVK ist die **Claudicatio intermittens** (intermittierendes Hinken; Schaufensterkrankheit). Die Patienten stellen sich mit belastungs-abhängigen ischämischen Schmerzen vor allem in der Wadenmuskulatur (bei Stenosen der Arteria femoralis) oder im Gesäß (bei Stenosen der Aorta oder Arteria iliaca) vor. Die Schmerzen sind häufig krampfartig und treten beim Gehen auf. Die Patienten müssen dabei nach einer bestimmten Gehstrecke stehen bleiben und warten, bis der Schmerz wieder verschwunden ist (und somit die Sauerstoffversorgung wiederherge stellt ist).

Bei der Diagnostik wird u. a. der Index des systolischen Blutdrucks an beiden Oberarmen und im Bereich der Fußknöchel gemessen **(Doppler-Index: Knöcheldruck/Oberarmdruck)**. Normalerweise liegt der Index bei 1 oder höher. Bei Claudicatio intermittens kann er bei 0,6 und bei kritischer Ischämie sogar bei 0,3 liegen.

Viele Patienten mit Claudicatio intermittens bessern sich unter konservativer Therapie (Nikotinabstinenz, Gehtraining zur Kollateralenbildung, Prophylaxe einer arteriellen Thrombose). In fortgeschrittenen Stadien muss eine weiterführende Diagnostik 550 beispielsweise 551 mithilfe der Doppler-Sonographie oder Angiographie durchgeführt werden, um die Lokalisation und das Ausmaß der Stenose zu bestimmen und die weiteren Therapieoptionen zu ermitteln.

Die invasiven Therapiemaßnahmen beinhalten Bypassoperationen und Thrombendarteriektomien zur Plaqueentfernung. Eine andere, weniger invasive Therapieoption ist beispielsweise die perkutane transluminale Angioplastie (PTA), bei der ein Ballonkatheter durch die Arteria femoralis eingeführt und unter radiologischer

Kontrolle auf Höhe der Stenose aufgeblasen wird, sodass die Stenose aufgedehnt und der Blutfluss der Extremität verbessert werden.

Akuter Arterienverschluss bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit

Bei einigen Patienten mit chronischer arterieller Verschlusskrankheit kann ein akuter Arterienverschluss auftreten oder der Blutfluss zur Extremität so stark eingeschränkt sein, dass die Überlebensfähigkeit der Extremität gefährdet ist.

Gelegentlich kann es in einem Bein auch einmal zu einer akuten Ischämie kommen, ohne dass Hinweise auf eine arteriosklerotische Grunderkrankung vorliegen. In diesen Fällen kann eine Embolie (in den meisten Fällen aus dem Herzen) erfolgt sein. Patienten mit Mitralklappenfehlern oder Vorhofflimmern sind für solche peripheren Embolien prädisponiert.

Kritische Extremitätenischämie

Eine kritische Ischämie einer Extremität kann auftreten, wenn die Blutzufuhr so schlecht ist, dass die Vitalität der Extremität gefährdet ist. In diesen Fällen können ischämische Ruheschmerzen, Ulkus, Gangrän oder Nekrose vorkommen. Solche Patieten benötigen schnellstens eine Behandlung, die in Form einer operativen Rekonstruktion, einer Angioplastie oder sogar einer Amputation erfolgen kann.

Venen

Die Venen des Oberschenkels bestehen aus oberflächlichen und tiefen Venen. Die tiefen Venen laufen in der Regel mit den Arterien und haben ähnliche Namen wie die Arterien. Die oberflächlichen Venen liegen in der Subcutis, stehen mit den tiefen Venen in Verbindung und verlaufen nicht mit Arterien zusammen. Die größte oberflächliche Vene des Oberschenkels ist die Vena saphena magna.

Vena saphena magna

Die Vena saphena magna entspringt vom Arcus venosus dorsalis pedis und verläuft auf der medialen Unterschenkelseite bis zum proximalen Oberschenkel. Hier tritt sie durch den Hiatus saphenus der Fascia lata und verbindet sich dort mit der Vena femoralis (Venenstern). *Die Vena saphena wird häufig als Gefäßtransplantat im Rahmen von Bypassoperationen der Herzkranzgefäße verwendet. Eine häufige Erkrankung, die die Vena saphena und ihre Äste betrifft, ist die Ausbildung von Varizen.*

Nerven

Im Oberschenkel gibt es drei Hauptnerven, die jeweils mit einer der Muskellogen assoziiert sind. Der Nervus femoralis zieht in die ventrale Muskelloge, der Nervus obturatorius ist mit der medialen Muskelloge und der Nervus ischiadicus mit der dorsalen Muskelloge assoziiert.

Nervus femoralis

Der Nervus femoralis entspringt im dorsalen Abdomen aus dem Plexus lumbalis und tritt unterhalb des Ligamentum inguinale durch die Lacuna musculorum in das Trigonum femorale (Abb. 6.65). Im Schenkeldreieck liegt der Nervus femoralis lateral der Arteria femoralis und außerhalb der Scheide, die die Gefäße umgibt.

Bevor der Nervus femoralis in den Oberschenkel übertritt, gibt er Äste an die Musculi iliacus und pectineus ab.

Direkt nach dem Durchtritt durch die Lacuna musculorum teilt er sich in ventrale und dorsale Fasern, die die Muskeln der ventralen Muskelloge und die Haut auf dem ventralen und medialen Oberschenkel, dem ventralen und medialen Unterschenkel und dem Fuß innervieren. In mehr als 60% der Fälle überkreuzt der Nervus femoralis in seinem Verlauf die Rami ascendens und descendens der Arteria circumflexa femoris lateralis, in etwa 30% liegt der Ramus descendens vor dem Nervus femoralis, und in etwa 7% überkreuzen die Äste der Arteria circumflexa femoris lateralis den Nervus femoralis.

Äste des Nervus femoralis sind (Abb. 6.65):

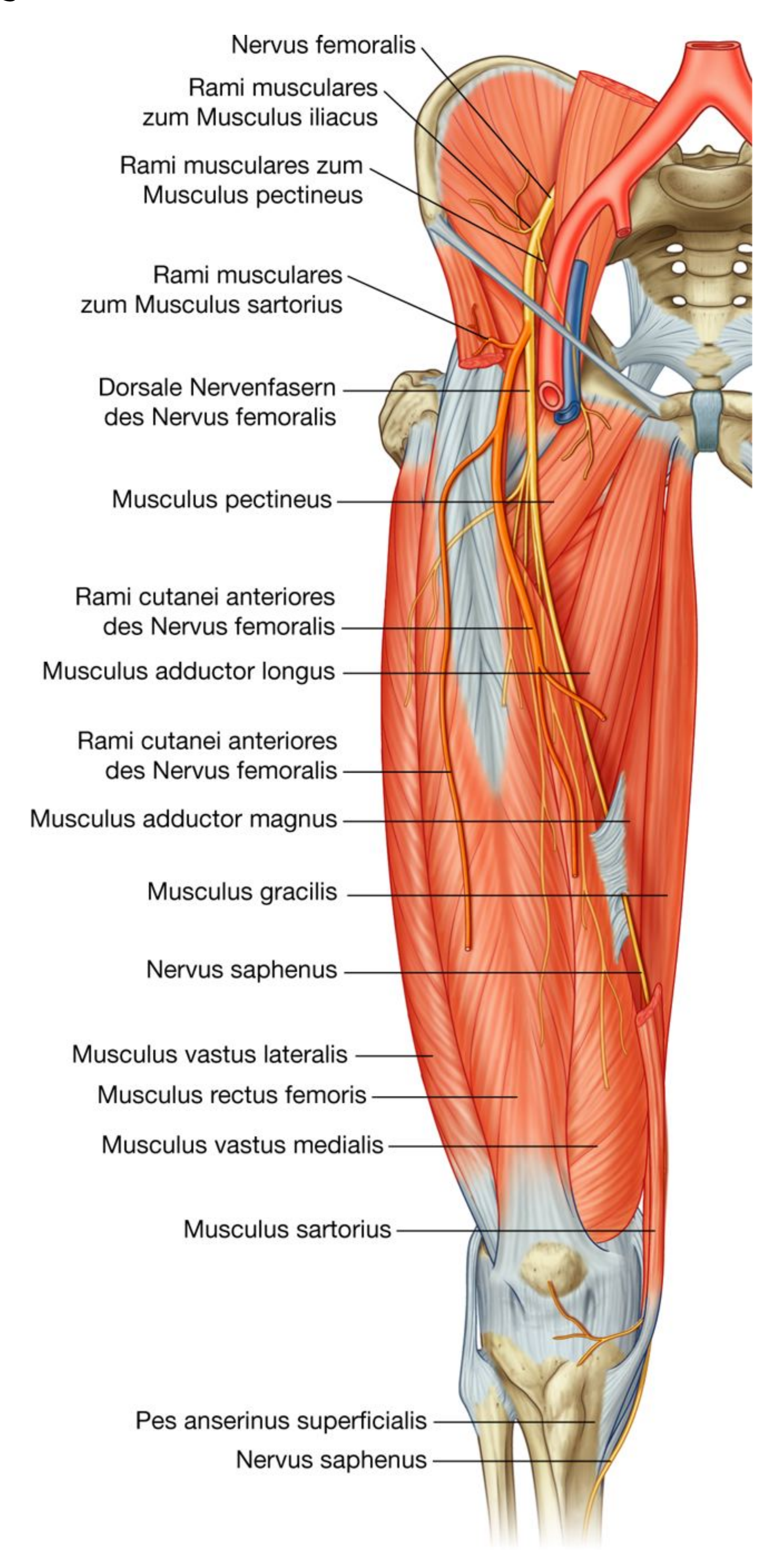
- die Rami cutanei anteriores, die durch die Fascia lata treten und die Haut am ventralen Oberschenkel und Knie innervieren
- mehrere Rami musculares, die den Musculus quadriceps femoris (M. rectus femoris, Mm. vasti lateralis, medialis und intermedius) und den Musculus sartorius innervieren
- der Nervus saphenus, der die Haut am medialen Knie, am Unterschenkel und am Fuß innerviert.

551

552

Der **Nervus saphenus** begleitet die Arteria femoralis auf ihrem Weg in den Canalis adductorius, tritt aber nicht gemeinsam mit der Arterie durch den Hiatus adductorius, sondern verlässt den Adduktorenkanal durch das Bindegewebe am Ende des Kanals und verläuft zwischen Musculi sartorius und gracilis auf der medialen Seite des Knies weiter abwärts. Der Nervus saphenus tritt dann durch die Faszie und läuft weiter an der medialen Seite des Unterschenkels bis zum Fuß. Hier innerviert er die Haut.

Abb. 6.65



Nervus femoralis.

Nervus obturatorius

Der Nervus obturatorius ist ein Ast des Plexus lumbalis der dorsalen Bauchwand. Er verläuft in den Musculus psoas major und tritt aus dem medialen Muskelrand in das Becken (Abb. 6.66). Der Nervus obturatorius verläuft entlang der lateralen Beckenwand und tritt durch den Canalis obturatorius in die mediale Muskelloge des Oberschenkels. Hier innerviert er die meisten Adduktoren und ein Hautareal oberhalb des medialen Oberschenkels. Beim Eintritt in den Oberschenkel teilt sich der Nervus obturatorius in zwei Äste, einen Ramus anterior und einen Ramus posterior, die durch den Musculus adductor brevis getrennt werden:

- Der **Ramus posterior** verläuft hinter dem Musculus adductor brevis und auf der ventralen Oberfläche des Musculus adductor magnus. Er innerviert die Musculi obturatorius externus und adductor brevis sowie den Anteil des Musculus adductor magnus, der an der Linea aspera ansetzt.

- Der **Ramus anterior** verläuft auf der ventralen Oberfläche des Musculus adductor brevis nach distal und liegt hinter den Musculi pectineus und adductor longus. Er gibt Äste an die Musculi adductor longus, gracilis und adductor brevis ab und trägt häufig zur Innervation des Musculus pectineus bei. Hautäste innervieren die Haut an der medialen Seite des Oberschenkels.

Nervus ischiadicus

Der Nervus ischiadicus läuft, ausgehend von der Glutealregion, in der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels abwärts (Abb. 6.67). Er innerviert alle Muskeln der dorsalen Loge. Seine Äste verlaufen dann weiter in den Unterschenkel und zum Fuß.

In der dorsalen Muskelloge liegt der Nervus ischiadicus auf dem Musculus adductor magnus und wird vom Caput longum des Musculus biceps femoris überkreuzt.

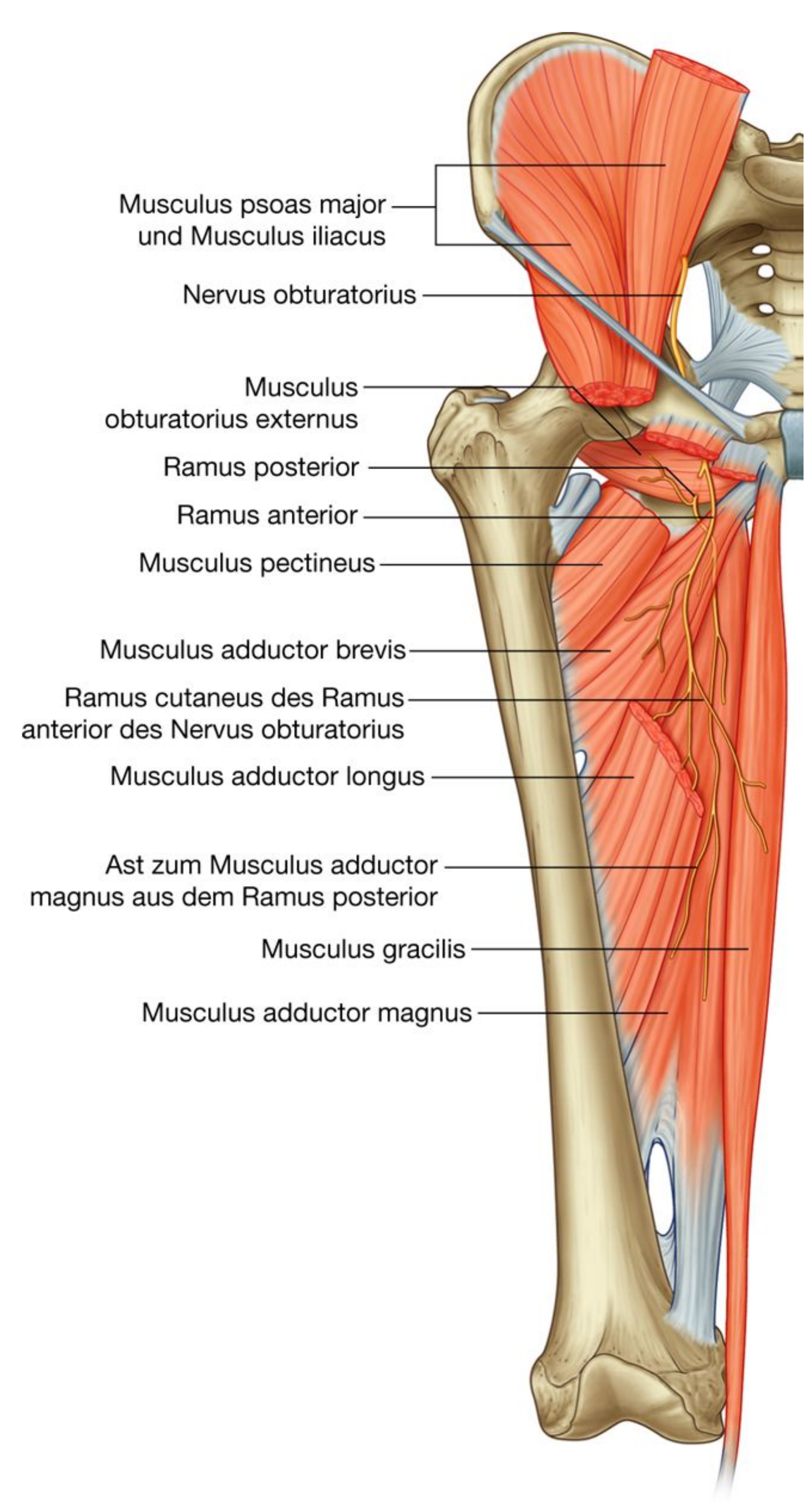
Proximal des Kniegelenks, manchmal aber auch schon im Becken („hohe Teilung“) teilt sich der Nervus ischiadicus in seine Endäste, den **Nervus tibialis** und den **Nervus fibularis** (peroneus) **communis**. Beide Nerven verlaufen vertikal den Oberschenkel hinab und treten in die Fossa poplitea dorsal des Kniegelenks. Hier begleiten sie die Arteria und Vena poplitea.

Nervus tibialis

Der tibiale Anteil des Nervus ischiadicus (Nervus tibialis) innerviert entweder vor oder nach seiner Trennung vom Nervus fibularis communis alle Muskeln der dorsalen Oberschenkelloge (Caput longum des Musculus biceps femoris, Musculus semimembranosus, Musculus semitendinosus). Eine Ausnahme bildet das Caput breve des Musculus biceps femoris, das vom Nervus fibularis communis innerviert wird (Abb. 6.67).

552

Abb. 6.66



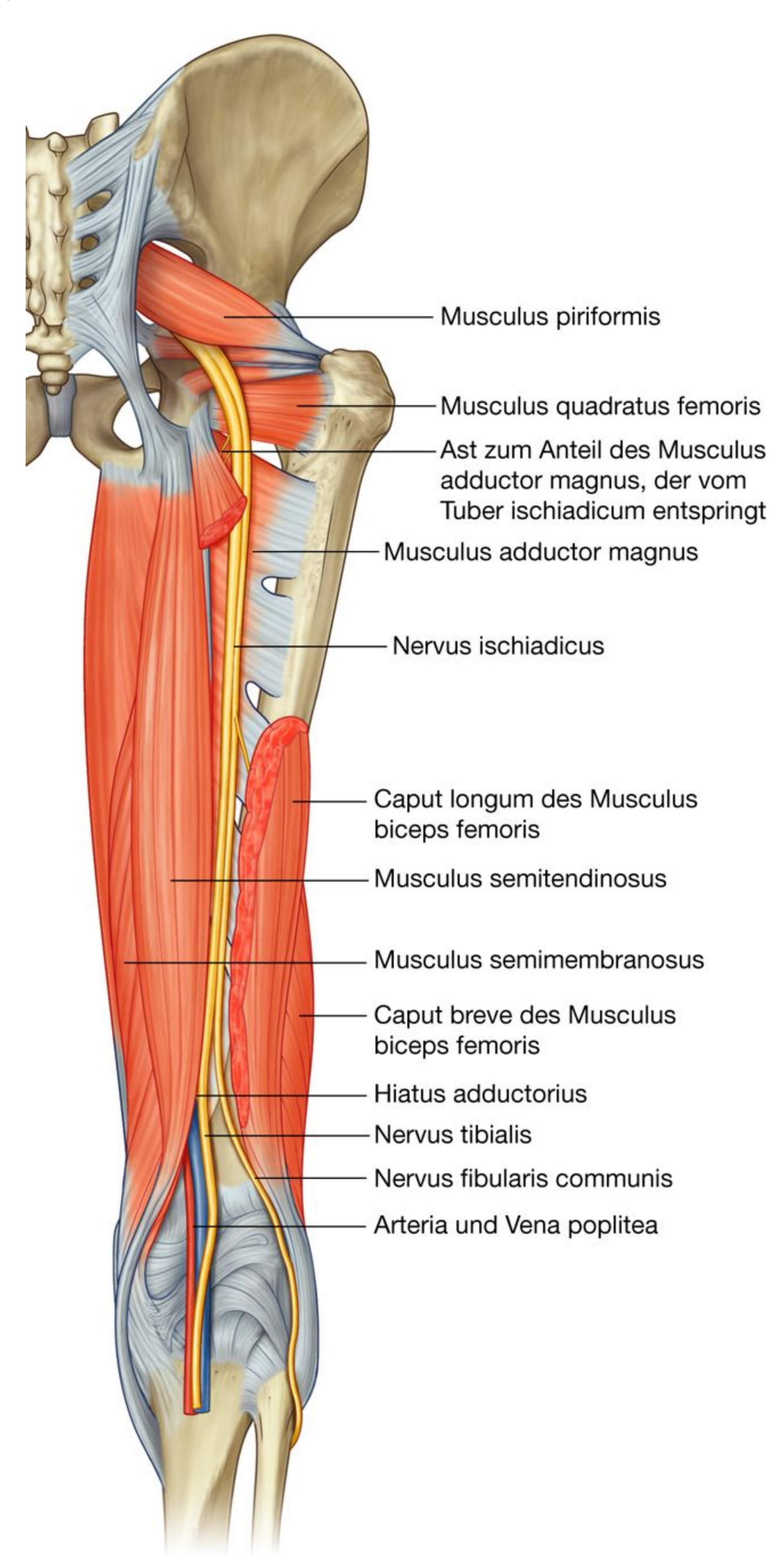
Nervus obturatorius.

Der **Nervus tibialis** verläuft anschließend durch die Fossa poplitea, tritt in die dorsale Muskelloge des Unterschenkels über und zieht zur Fußsohle.

Der Nervus tibialis innerviert

- alle Muskeln der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels
- alle intrinsischen Muskeln der Fußsohle mit Ausnahme der ersten beiden Musculi interossei dorsales, die vom Nervus fibularis profundus innerviert werden
- die Haut an der posterolateralen Seite des distalen Unterschenkels und über dem Malleolus medialis, dem Fuß und der kleinen Zehe sowie die Haut an der Fußsohle und der Unterfläche der Zehen.

Abb. 6.67



Nervus ischiadicus.

Nervus fibularis communis

Der peroneale Anteil des Nervus ischiadicus (Nervus fibularis communis) innerviert das Caput breve des Musculus biceps femoris in der dorsalen Oberschenkelloge und läuft weiter in die laterale und ventrale Unterschenkelloge und zum Fuß(Abb. 6.67).

Der Nervus fibularis communis innerviert

- alle Muskeln im ventralen und lateralen Kompartiment des Unterschenkels

553
554

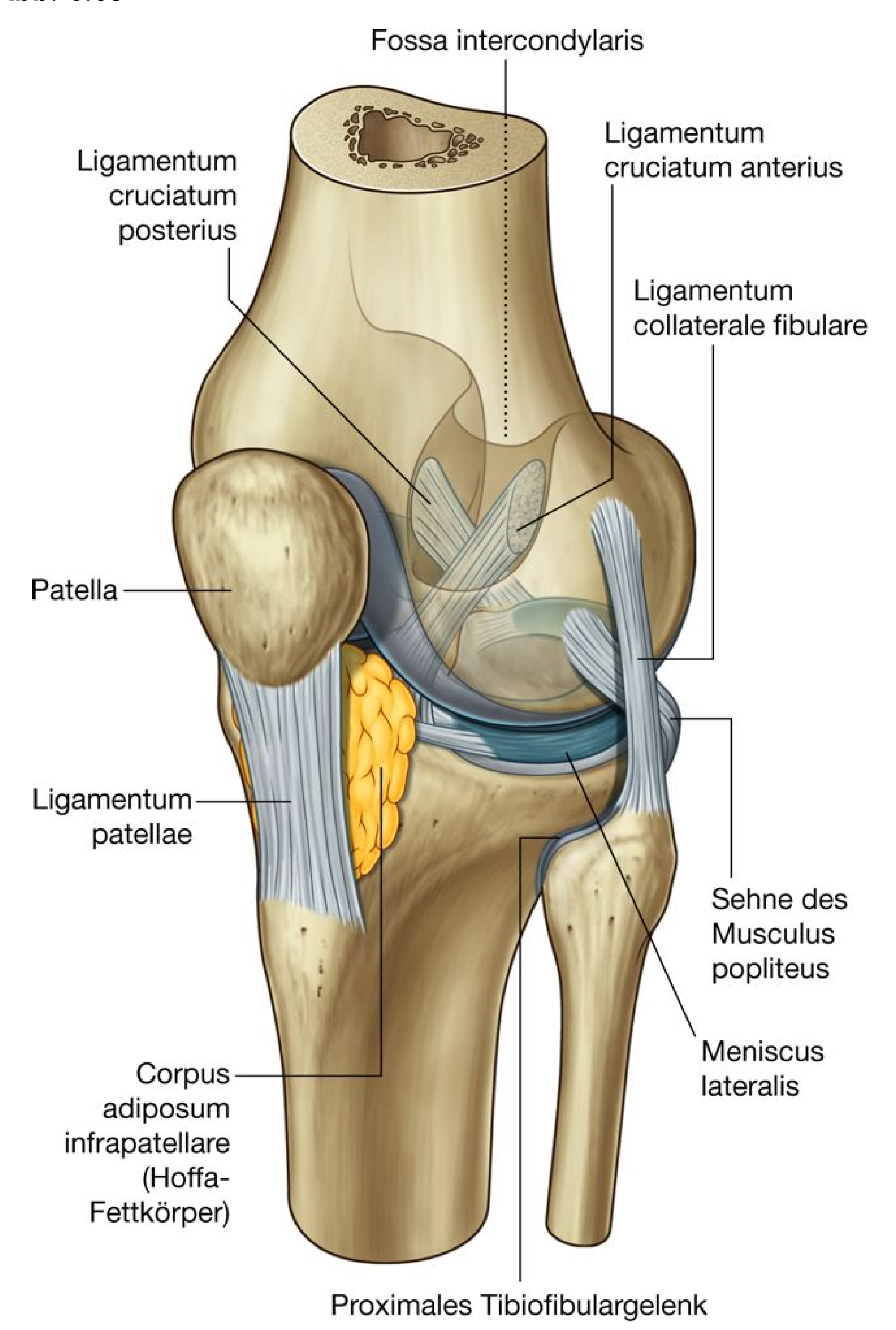
- einen Muskel (Musculus extensor digitorum brevis) am Fußrücken
- die beiden ersten Musculi interossei dorsales an der Fußsohle
- die Haut am lateralen Unterschenkel, über dem Malleolus lateralis sowie über dem Fußrücken und den Zehen.

Kniegelenk

Das Kniegelenk (Articulatio genus) ist das größte Synovialgelenk des Körpers. Es besteht aus

- dem Femorotibialgelenk (Articulatio femorotibialis) zwischen Femur und Tibia, das gewichttragend ist. Zwischen den beiden Gelenkflächen sind jeweils ein lateraler und ein medialer Meniskus eingelagert.
- dem Femoropatellargelenk (Articulatio femoropatellaris) zwischen Femur und Patella. Das Gelenk ermöglicht es der Sehne des Musculus quadriceps femoris, direkt über das Knie zur Tibia zu verlaufen (Abb. 6.68).

Abb. 6.68



Kniegelenk. Die Gelenkkapsel ist nicht abgebildet.

Die beiden fibrokartilaginären Menisken, die auf jeder Seite zwischen den Femurkondylen und dem Tibiaplateau eingelagert sind, gleichen die Inkongruenz der Gelenkflächen während der Bewegung im Kniegelenk aus.

Der Bewegungsablauf im Kniegelenk ist komplex. Grundsätzlich ist das Knie die Sonderform eines transportablen Drehscharniergelenks, das eine Flexion und Extension erlaubt. Wie alle Scharniergelenke wird das Knie durch Kollateralbänder auf beiden Seiten verstärkt. Daneben gibt es zwei kräftige Bänder (die Kreuzbänder), die die angrenzenden Enden von Femur und Tibia miteinander verbinden und deren Position während der Kniebewegungen stabilisieren. Eine Flexion im Kniegelenk setzt sich aus Abroll- und Gleitbewegungen zusammen. Im gebeugten Zustand ist eine Rotation möglich. In maximaler Streckstellung kommt es zur Schlussrotation in leichter Außenrotationsstellung. In dieser Stellung ist keine weitere Rotation mehr möglich.

Da das Kniegelenk gewichttragend ist, besitzt es einen „Blockierungsmechanismus“, um die Muskelenergie zu reduzieren, die nötig ist, um das Knie im Stand gestreckt zu halten.

Gelenkflächen

Die Gelenkflächen der Knochen, die zum Kniegelenk beitragen, sind von hyalinem Gelenkknorpel bedeckt. Die Hauptgelenkflächen sind

- die beiden Femurkondylen
- die angrenzenden Oberflächen auf den Tibiakondylen (Tibiaplateau).

Die Oberflächen der Femurkondylen, die mit der Tibia im Rahmen der Flexion des Kniegelenks artikulieren, sind abgerundet. Die Oberflächen der Tibia, die in voller Extension artikulieren, sind flach (Abb. 6.69).

Die Gelenkflächen zwischen Femur und Patella sind die V-förmige Furche auf der Facies anterior des distalen Femurs und die anliegenden Oberflächen der Patellarückseite. Die Gelenkflächen liegen zusammen mit den intraartikulären Menisken zwischen den Femur- und Tibiakondylen in einer gemeinsamen Gelenkhöhle.

Menisci

Jedes Kniegelenk besitzt zwei halbmond- oder C-förmige fibrokartilaginäre (aus straffem, vaskularisiertem Bindegewebe und gefäßfreiem Faserknorpel bestehende) Menisken, einen **Meniscus medialis** und einen **Meniscus lateralis** (Abb. 6.70). Beide Menisken sind jeweils beidseits im Bereich der Area intercondylaris des Tibiaplateaus über straffes Bindegewebe fixiert.

Der Meniscus medialis ist am Rand mit der Gelenkkapsel und dem Ligamentum collaterale tibiale verbunden. Der Meniscus lateralis besitzt keine seitliche Verbindung zur Gelenkkapsel 554 und ist somit mobiler als der mediale Meniskus. Ferner liegen die Fixpunkte des Meniscus 555

medialis am Knochen weiter auseinander. Dies führt ebenfalls zu einer geringeren Mobilität und damit auch zu einer höheren Verletzungsanfälligkeit des Meniscus medialis.

Die Menisci sind ventral über das Ligamentum transversum genus miteinander verbunden. Die Sehne des Musculus popliteus läuft außerhalb der Gelenkkapsel am lateralen Meniskus vorbei und setzt am Femur an.

Die Menisci gleichen die Inkongruenz zwischen den Femur- und Tibiakondylen während der Bewegungen im Kniegelenk aus und stabilisieren das Femorotibialgelenk. Die Stabilisation basiert auf der keilförmigen Struktur der Menisken, die dadurch „Hemmschuhwirkung“ besitzen. Da die Menisken beweglich sind, stellen sie transportable Gelenkflächen dar, die den Gelenkdruck verteilen und damit zu einer gleichmäßigen Beanspruchung des Gelenks führen.

Verhalten bei Bewegungen

Bei Bewegungen im Kniegelenk kommt es zu Verschiebungen der Menisken auf dem Tibiaplateau. Die Menisken sind nur im Bereich der Meniskushörner fixiert. Der Meniscus medialis ist zusätzlich an einer Stelle mit dem Ligamentum collaterale tibiale verwachsen; er ist damit nicht so beweglich wie der Meniscus lateralis.

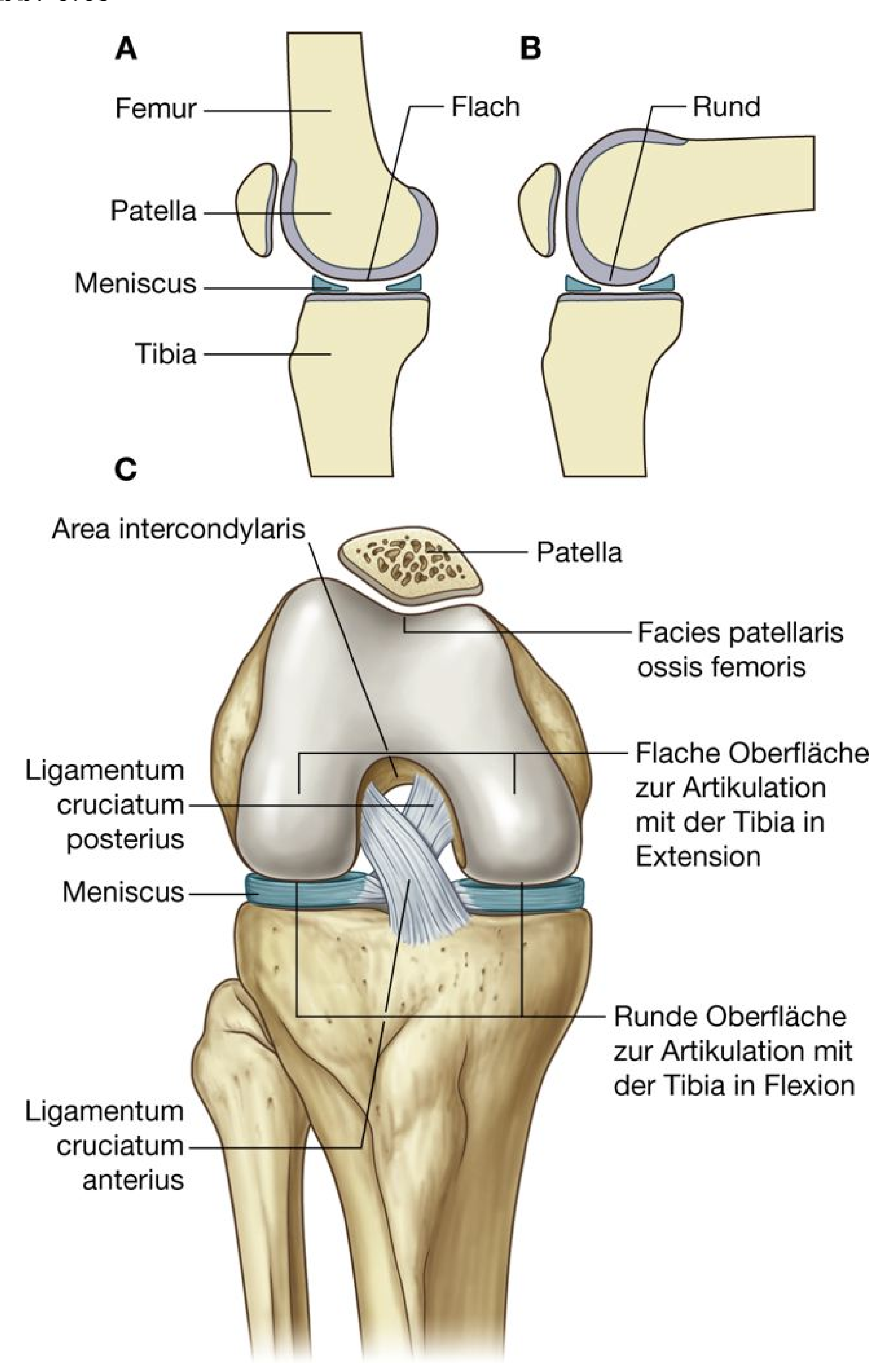
- Bei Beugung gleiten die Mensiken nach hinten.
- Bei Streckung gleiten die Menisken nach vorn.
- Bei Innenrotation gleiten der mediale Meniskus nach vorn und der laterale Meniskus nach hinten.
- Bei Außenrotation gleiten der mediale Meniskus nach hinten und der laterale Meniskus nach vorn.

Meniskusverletzungen treten häufig bei Ballsportarten (aber auch bei anderen Sportarten wie Balletttanz) auf, bei denen aus dem Lauf heraus mit nach vorn gerichtetem Bein abgebremst und der Körper so über das bremsende Bein gedreht wird, dass im Kniegelenk eine starke und plötzliche Außenrotation durchgeführt wird (aus der Beugung zu schnell in Streckung und Außenrotation). Da die Fixpunkte des Meniscus medialis am Knochen weiter entfernt liegen und er über die Kapsel mit dem tibialen Kollateralband verwachsen ist, ist er nicht so beweglich und kann dabei eingeklemmt werden. Meist tritt dabei aufgrund der Faserstruktur im Meniskus ein Längsriss auf (Korbhenkelriss). Radiärrisse oder Abrisse des Hinter- oder Vorderhorns sind wesentlich seltener.

Membrana synovialis

Die Membrana synovialis des Kniegelenks setzt an den Rändern der Gelenkflächen sowie den Ober- und Unterrändern der Menisken an (Abb. 6.71A). Die beiden Ligamenta cruciata, die an der Area intercondylaris der Tibia und der Fossa intercondylaris des Femurs befestigt sind, liegen außerhalb der Gelenkhöhle, aber innerhalb der Membrana fibrosa des Kniegelenks.

Abb. 6.69



Gelenkflächen des Kniegelenks. **A**. In Extension. **B**. In Flexion. **C**. Ansicht von ventral (in Flexion).

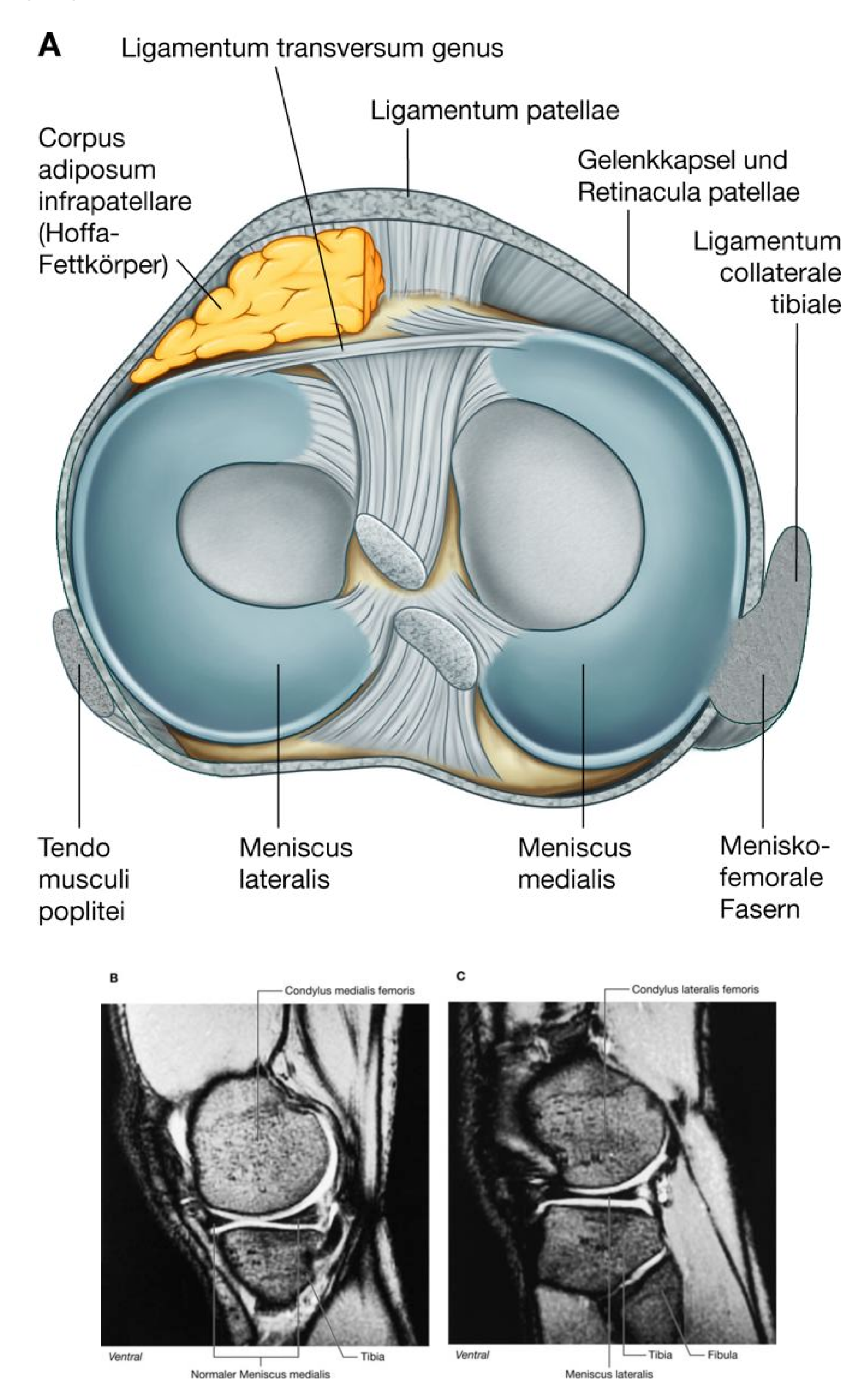
Dorsal löst sich die Membrana synovialis auf beiden Seiten des hinteren Kreuzbands von der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel, läuft nach ventral um beide Kreuzbänder und schließt sie so aus der Gelenkkapsel aus.

Ventral ist die Membrana synovialis vom Ligamentum patellae durch das **Corpus adiposum infrapatellare** (Hoffa-Fettkörper) getrennt. Auf jeder Seite des Fettkörpers bildet die Membrana synovialis einen Randsaum **(Plica alaris)**, der in die Gelenkhöhle ragt. Zusätzlich ist die Membrana synovialis, die den unteren Anteil des infrapatellaren Fettkörpers bedeckt, zu einer scharfen Falte aufgeworfen, die nach dorsal ragt **(Plica synovialis infrapatellaris)**. Die Plica synovialis infrapatellaris setzt an den Rändern der Fossa intercondylaris des Femurs an.

Die Membrana synovialis des Kniegelenks bildet an zwei Stellen Aussackungen, um für die Sehnenbewegungen einen Untergrund mit wenig Reibungsfläche zu schaffen:

- Die kleinere der beiden Aussackungen ist der **Recessus subpopliteus** (Abb. 6.71A), der sich von der Gelenkhöhle nach posterolateral ausdehnt und zwischen dem Meniscus lateralis und der Sehne des Musculus popliteus liegt, der entlang der Gelenkkapsel verläuft. 555 556
- Die andere Aussackung ist der **Recessus** (oder die **Bursa) suprapatellaris** (Abb. 6.71B), ein großer Schleimbeutel, der die kraniale Fortsetzung der Gelenkhöhle darstellt und zwischen dem distalen Ende des Femurs sowie dem Musculus quadriceps femoris und dessen Sehne liegt. Die Spitze des Recessus setzt am Musculus articularis genus (einer Abspaltung des Musculus quadriceps femoris) an, der den Recessus (oder die Bursa) während der Extension des Kniegelenks nach kranial zieht.

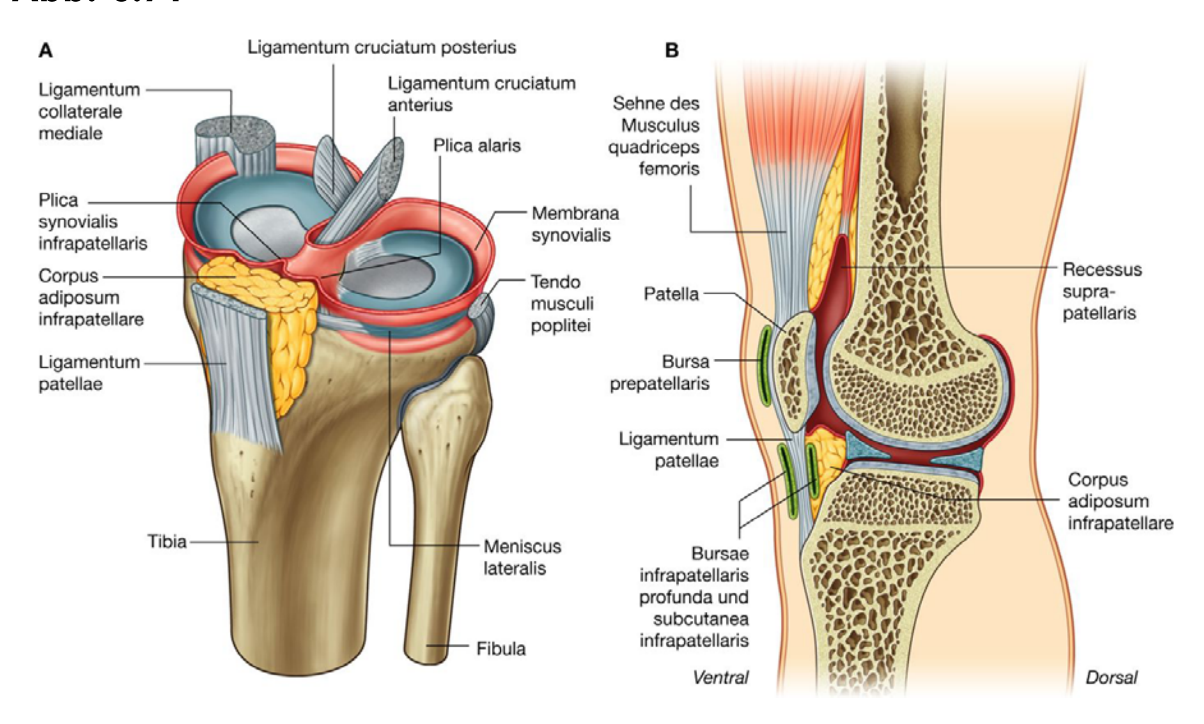
Abb. 6.70



Menisci des Kniegelenks. **A**. Ansicht von kranial. **B**. Normales Kniegelenk mit Meniscus medialis. T2-gewichtete Magnet-resonanztomographie (MRT) in der Sagittalebene. **C**. Normales Kniegelek mit Meniscus lateralis. T2-gewichtete Magnet-resonanztomographie (MRT) in der Sagittalebene.

Weitere Schleimbeutel des Kniegelenks, die normalerweise nicht mit der Gelenkhöhle in Verbindung stehen, sind die Bursae subcutanea prepatellaris, infrapatellaris profunda, subcutanea infrapatellaris, subcutanea tuberositatis tibiae und zahlreiche andere Bursae, die mit Sehnen und Bändern des Kniegelenks assoziiert sind (Abb. 6.71B). Die Bursa prepatellaris liegt subkutan und ventral von der Patella. Die Bursae infrapatellaris profunda und subcutanea infrapatellaris liegen unterhalb bzw. oberhalb des Ligamentum patellae. *Entzündungen dieser Bursae entstehen durch chronische Druckbeanspruchung, beispielsweise bei Berufstätigkeit in kniender Stellung (Fliesenleger).*

Abb. 6.71



Membrana synovialis des Kniegelenks und assoziierte Bursae. **A**. Ansicht von superolateral; Patella und Femur sind nicht dargestellt. **B**. Paramedianer Sagittalschnitt durch das Knie.

Membrana fibrosa

Die Membrana fibrosa des Kniegelenks ist gut ausgebildet und wird teilweise durch umgebende Sehnen und Bindegewebe verstärkt (Abb. 6.72). Grundsätzlich umgibt die Membrana fibrosa die Gelenkhöhle sowie die Regio intercondylaris:

- An der medialen Seite des Kniegelenks ist sie mit dem dorsalen Abschnitt des Ligamentum collaterale tibiale verbunden (meniskofemorale Fasern) und mit ihrer Innenfläche mit dem Meniscus medialis verwachsen (Abb. 6.70A).
- Lateral ist die Außenfläche der Membrana fibrosa vom Ligamentum collaterale fibulare durch einen Zwischenraum getrennt. Die Innenfläche ist nicht mit dem Meniscus lateralis verbunden.

- Ventral setzt die Membrana fibrosa an den Rändern der Patella an und wird durch Sehnenfasern des Musculus vastus lateralis und des Musculus vastus medialis (Retinacula patellae laterale und mediale) verstärkt. Die Retinacula sind ebenfalls mit der Sehne des Musculus quadriceps femoris und mit dem Ligamentum patellae verbunden.

Die Membrana fibrosa wird anterolateral durch eine fibröse Erweiterung des Tractus iliotibialis und posteromedial durch eine Erweiterung der Sehne des Musculus semimembranosus **(Ligamentum popliteum obliquum)**, die über die Rückseite der Membrana fibrosa verläuft, verstärkt.

Der kraniale Abschnitt des Musculus popliteus entspringt am Epicondylus lateralis femoris, verläuft durch den Zwischenraum zwischen Membrana fibrosa und Ligamentum collaterale fibulare im Bereich des lateralen Kniegelenks, tritt dann unterhalb des **Ligamentum popliteum arcuatum** (Verstärkungsband der Gelenkkapsel im Bereich des lateralen Anteils der Kniekehle, das mit dem Ligamentum popliteum obliquum verbunden ist) hindurch, um an der Facies posterior tibiae anzusetzen. Zwischen dem Muskel und dem Kniegelenk befindet sich der Recessus subpopliteus (Bursa subpoplitea), der mit der Gelenkhöhle stets in Verbindung steht.

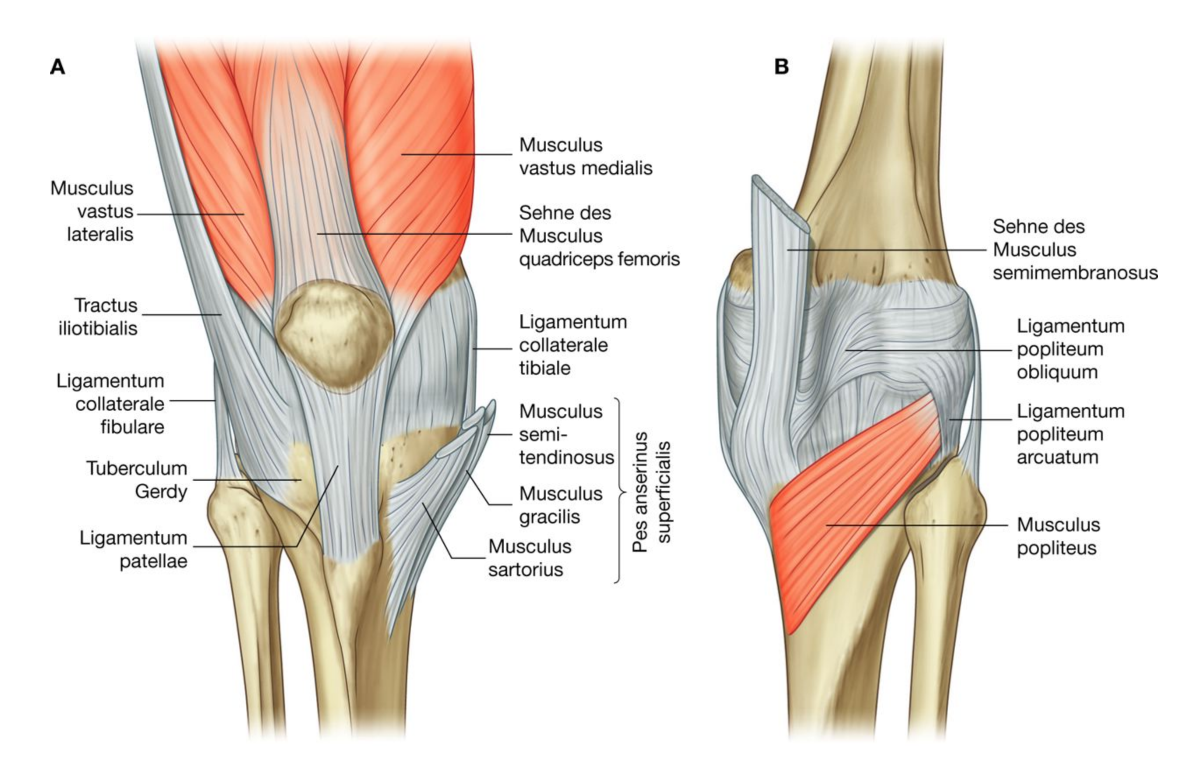
Bänder

Die wichtigsten Bänder des Kniegelenks sind die Ligamenta patellae, collaterale tibiale (mediale), collaterale fibulare (laterale), die Ligamenta cruciata anterius und posterius sowie die Retinacula patellae medialia longitudinale und transversale und lateralia longitudinale und transversale.

Ligamentum patellae

Das **Ligamentum patellae** ist die Fortsetzung der Sehne des Musculus quadriceps femoris 557 unterhalb der Patella (Abb. 6.72) Es entspringt an den Rändern und dem Apex patellae und 558 inseriert an der Tuberositas tibiae. *Das Ligamentum patellae ist ein äußerst kräftiges Band. Sein mittlerer Anteil wird nach Kreuzbandruptur häufig zur Rekonstruktion des zerrissenen Kreuzbandes verwendet..*

Abb. 6.72



Membrana fibrosa der Kniegelenkkapsel. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von dorsal.

Ligamenta collateralia

Die Kollateralbänder liegen an beiden Seiten des Kniegelenks und stabilisieren das Knie während der Scharnierdrehbewegungen bei Flexion und Extension in der Frontalebene (Abb. 6.73).

Das strangartige **Ligamentum collaterale fibulare** (Ligamentum collaterale laterale) entspringt kranial am Epicondylus lateralis femoris direkt oberhalb des Sulcus popliteus. Kaudal setzt es lateral am Caput fibulae an. Das Band ist von der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel der Articulatio femorotibialis durch Binde- und Fettgewebe getrennt. Unterhalb des Bandes verläuft die Sehne des Musculus popliteus.

Das breite, flache **Ligamentum collaterale tibiale** (Ligamentum collaterale mediale) ist mit einem großen Teil seiner Unterfläche (dem dorsalen Anteil des Bandes) mit der Membrana fibrosa und dem Meniscus medialis verwachsen. Man spricht von den meniskofemoralen Fasern des hinteren tiefen Teils des Ligamentum collaterale tibiale (Abb. 6.70A). Der vordere Teil des Bandes hat keine Beziehung zur Gelenkkapsel. Hier liegen Binde- und Fettgewebe zwischen beiden Strukturen. Das Ligamentum collaterale tibiale entspringt kranial am Epicondylus medialis femoris unterhalb des Tuberculum adductorium und zieht zur Facies medialis tibiae, um oberhalb des Pes anserinus superficialis anzusetzen.

Ligamenta cruciata

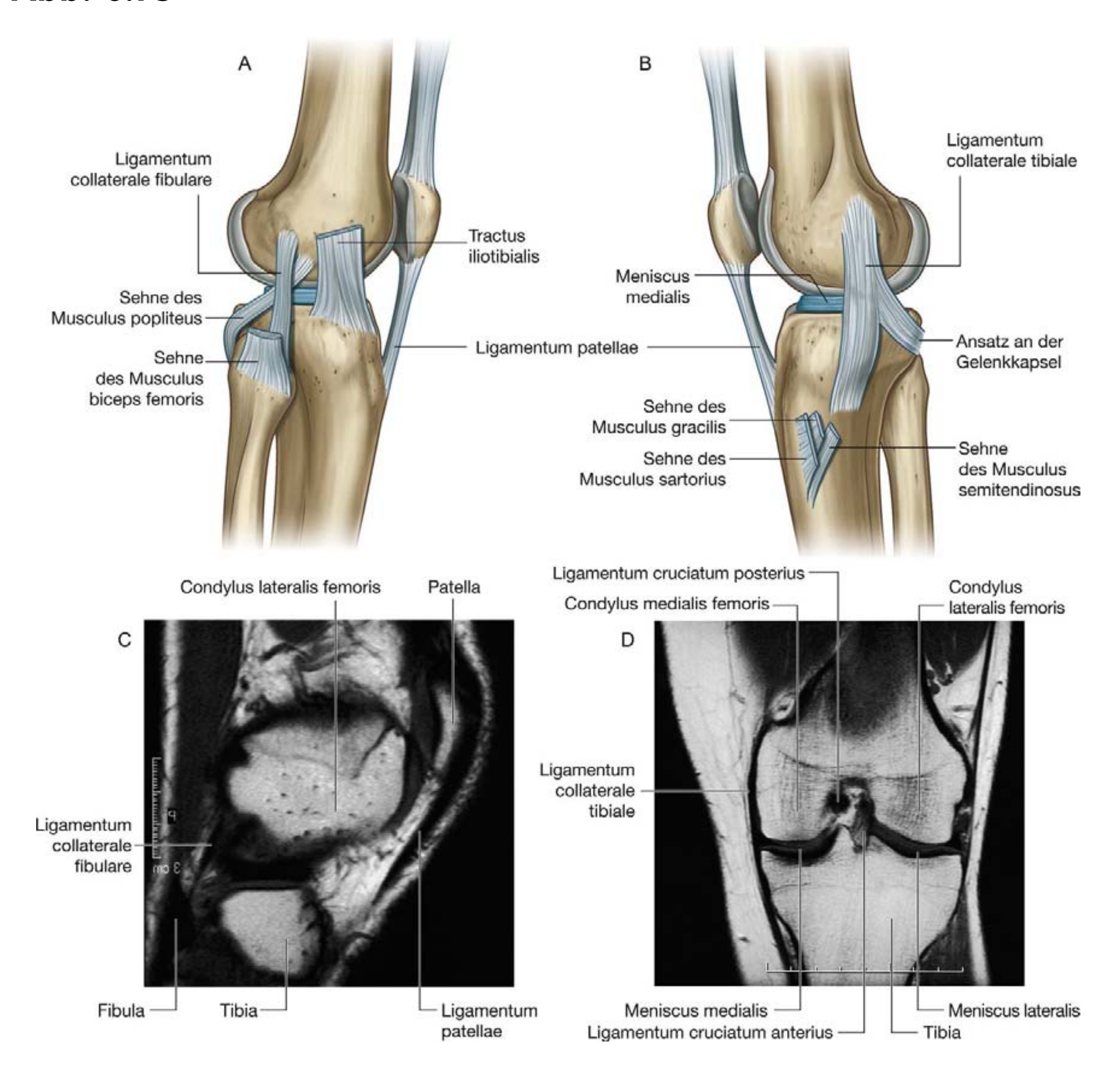
Die beiden Kreuzbänder verlaufen in der Regio intercondylaris des Kniegelenks und verbinden Femur und Tibia (Abb. 6.73D und 6.74A). Die Bänder werden als Kreuzbänder bezeichnet, weil sie sich in der Sagittalebene zwischen den Ansätzen am Femur und an der Tibia überkreuzen:

- Das **Ligamentum cruciatum anterius** (vorderes Kreuzband) entspringt von der Area intercondylaris anterior tibiae und läuft nach dorsal zur Innenfläche des Condylus lateralis femoris. Seine lateral entspringenden Fasern ziehen weiter nach dorsal als die medialen. Man unterscheidet einen anteromedialen sowie einen posterolateralen Anteil und ein intermediäres Bündel. Manchmal strahlen einige Faserbündel als Ligamentum meniscofemorale anterius in das Hinterhorn des Meniscus lateralis ein.
- Das **Ligamentum cruciatum posterius** (hinteres Kreuzband) setzt an der Area intercondylaris posterior an und läuft nach ventral zur lateralen Fläche des Condylus medialis femoris. Das Band ist stärker als das vordere Kreuzband. Es ist der 558 Hauptstabilisator des Knies in Beugestellung. 559 Man unterscheidet ein anteromediales und ein posterolaterales Faserbündel sowie das Ligamentum meniscofemorale posterius, das zum Hinterhorn des Meniscus lateralis zieht.

Das Ligamentum cruciatum anterius überkreuzt das Ligamentum cruciatum posterius etwas lateral in der Regio intercondylaris.

Das Ligamentum cruciatum anterius verhindert die ventrale Dislokation der Tibia zum Femur, und das Ligamentum cruciatum posterius verhindert die dorsale Dislokation (Abb. 6.74B). Die Kreuzbänder stabilisieren das Knie damit in der Sagittalebene. *Bei Kreuzbandrupturen sind die Knochen schon in leichter Beugestellung verschiebbar (Lachman-Test). Das vordere Schubladenphänomen ist bei Ruptur des vorderen Kreuzbands auslösbar (der Unterschenkel lässt sich gegenüber dem Femur nach vorn ziehen). Das hintere Schubladenphänomen ist bei Ruptur des hinteren Kreuzbands auslösbar (der Unterschenkel lässt sich gegenüber dem Femur nach hinten schieben). Bei Nichtbehandlung einer Kreuzbandruptur ist die gesamte Kinematik des Kniegelenks gestört und damit die Beanspruchung verändert.*

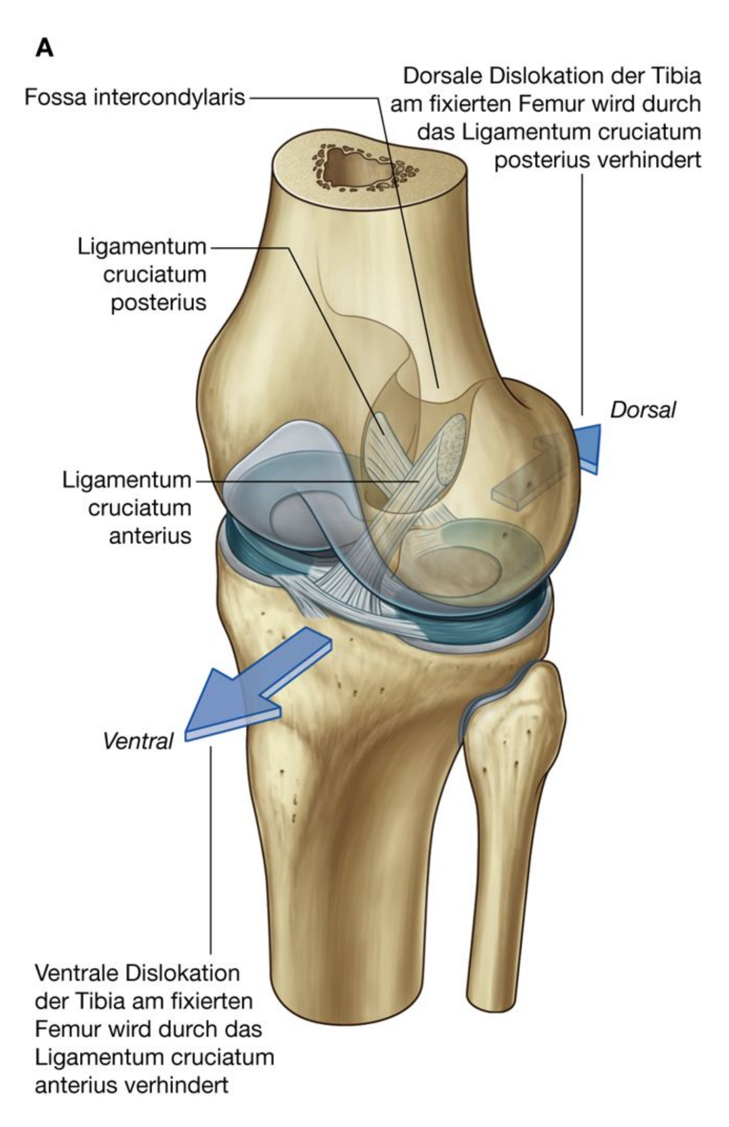
Abb. 6.73

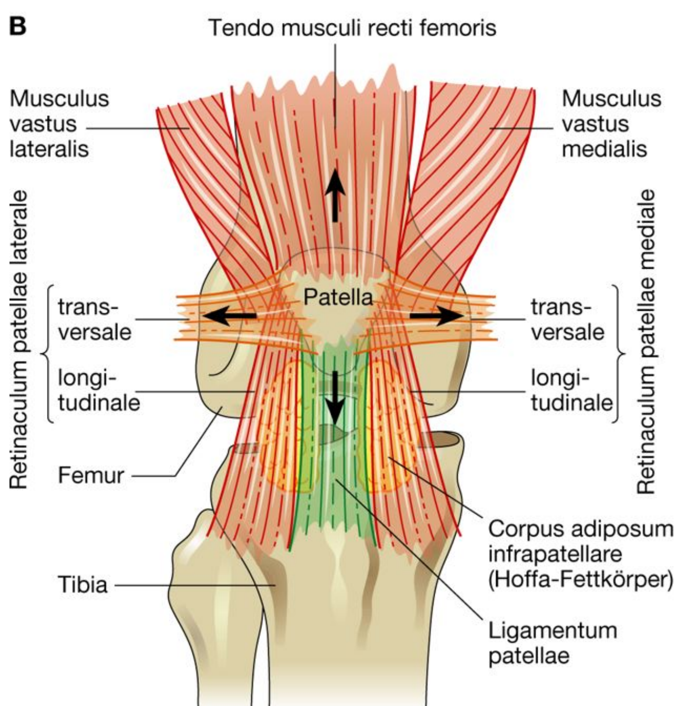


Kollateralbänder des Kniegelenks. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von medial. **C**. Normales Kniegelenk mit Ligamentum patellae und Ligamentum collaterale fibulare. T1-gewichtete Magnetresonanztomographie (MRT) in der Sagittalebene. **D**. Normales Kniegelenk mit Ligamentum collaterale tibiale, Menisci medialis und lateralis, Ligamenta cruciata anterius und posterius. T1-gewichtete Magnetresonanztomographie (MRT) in der Koronarebene.

559

Abb. 6.74


A
Fossa intercondylaris
Dorsale Dislokation der Tibia am fixierten Femur wird durch das Ligamentum cruciatum posterius verhindert
Ligamentum cruciatum posterius
Dorsal
Ligamentum cruciatum anterius
Ventral
Ventrale Dislokation der Tibia am fixierten Femur wird durch das Ligamentum cruciatum anterius verhindert


B
Tendo musculi recti femoris
Musculus vastus lateralis
Musculus vastus medialis
Retinaculum patellae laterale
Retinaculum patellae mediale
Patella
trans-versale
trans-versale
longi-tudinale
longi-tudinale
Femur
Corpus adiposum infrapatellare (Hoffa-Fettkörper)
Tibia
Ligamentum patellae

Kreuzbänder und Retinacula des Kniegelenks. **A**. Kreuzbänder. Ansicht von superolateral. **B**. Retinacula. Ansicht von lateral.

Ligamentum transversum genus und Ligamentum meniscofemorale posterius

Das Ligamentum transversum genus verbindet das Vorderhorn des Meniscus medialis mit dem Vorderhorn des Meniscus lateralis. Es liegt vor dem Ligamentum cruciatum anterius. Das Ligamentum meniscofemorale posterius (Robert- oder Wrisberg-Band) stellt Bindegewebsfasern da, die auf der Dorsalseite des Kniegelenks vom Meniscus lateralis entspringen und sich dem Ligamentum cruciatum posterius anlagern.

Retinacula patellae

Die Patella wird außer von der Sehne des Musculus quadriceps femoris und dem Ligamentum patellae von vier Retinacula patellae im Femoropatellargelenk gehalten. Man unterscheidet:

- Retinaculum patellae mediale longitudinale
- Retinaculum patellae mediale transversale (kommt nur in 30% der Fälle vor)
- Retinaculum patellae laterale longitudinale
- Retinaculum patellae laterale transversale (kommt immer vor).

Die Retinacula patellae verstärken die Gelenkkapsel des Kniegelenks und stellen einen „Reservestreckapparat“ dar. Die Retinacula bilden eine horizontale und vertikale Zugverspannung der Patella. Sie werden von einzelnen meniskopatellaren Bändern unterstützt.

Stabilisation im Kniegelenk

Am stehenden Menschen ist das Knie in seiner Position „blockiert“. Hierdurch wird die Muskelarbeit, die zur Aufrechterhaltung des aufrechten Standes benötigt wird, reduziert (Abb. 6.75).

Eine Komponente dieses Blockierungsmechanismus ist die Änderung der Form und Größe der FemurgelenkflÄchen, die mit der Tibia artikulieren:

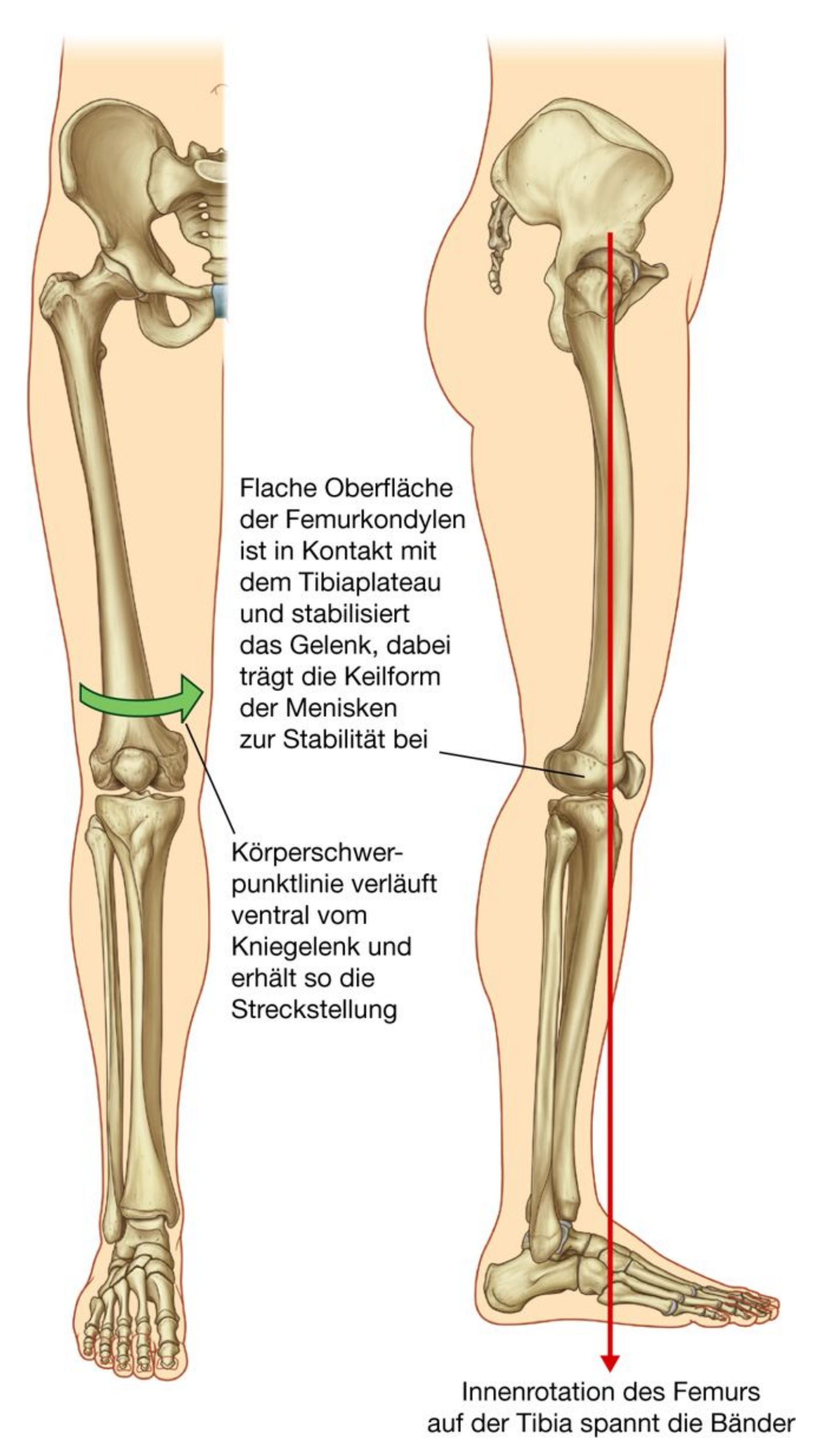
- Bei Flexion sind die artikulierenden Oberflächen die bikonkaven Areale der dorsalen Femurkondylen,
- In Extensionsstellung sind die Gelenkflächen an den unteren Femurkondylen breit und flach.

Als Folge davon sind die Gelenkoberflächen in Extensionsstellung größer und gewährleisten damit eine höhere Stabilität.

Eine weitere Komponente zur Stabilisation ist die Innen-rotation des Femurs auf der Tibia in maximaler Extensionsstellung (Schlussrotation = automatische Rotation). Diese Rotation wird zwangsläufig in der Extremstellung erreicht; die Kollateralbänder sind dabei gespannt, die Kreuzbänder sind leicht entspannt, und es besteht der größte Kontakt zwischen

560
561

Abb. 6.75



Stabilisationsmechanismus des Kniegelenks bei aufrechtem Stand.

Tibia und Femurkondylen für eine optimale Festigkeit im Kniegelenk.

Ein weiteres Merkmal, das das Knie im Stand in Streckstellung hält, ist die Tatsache, dass der Körperschwerpunkt auf einer Linie liegt, die ventral vom Kniegelenk verläuft.

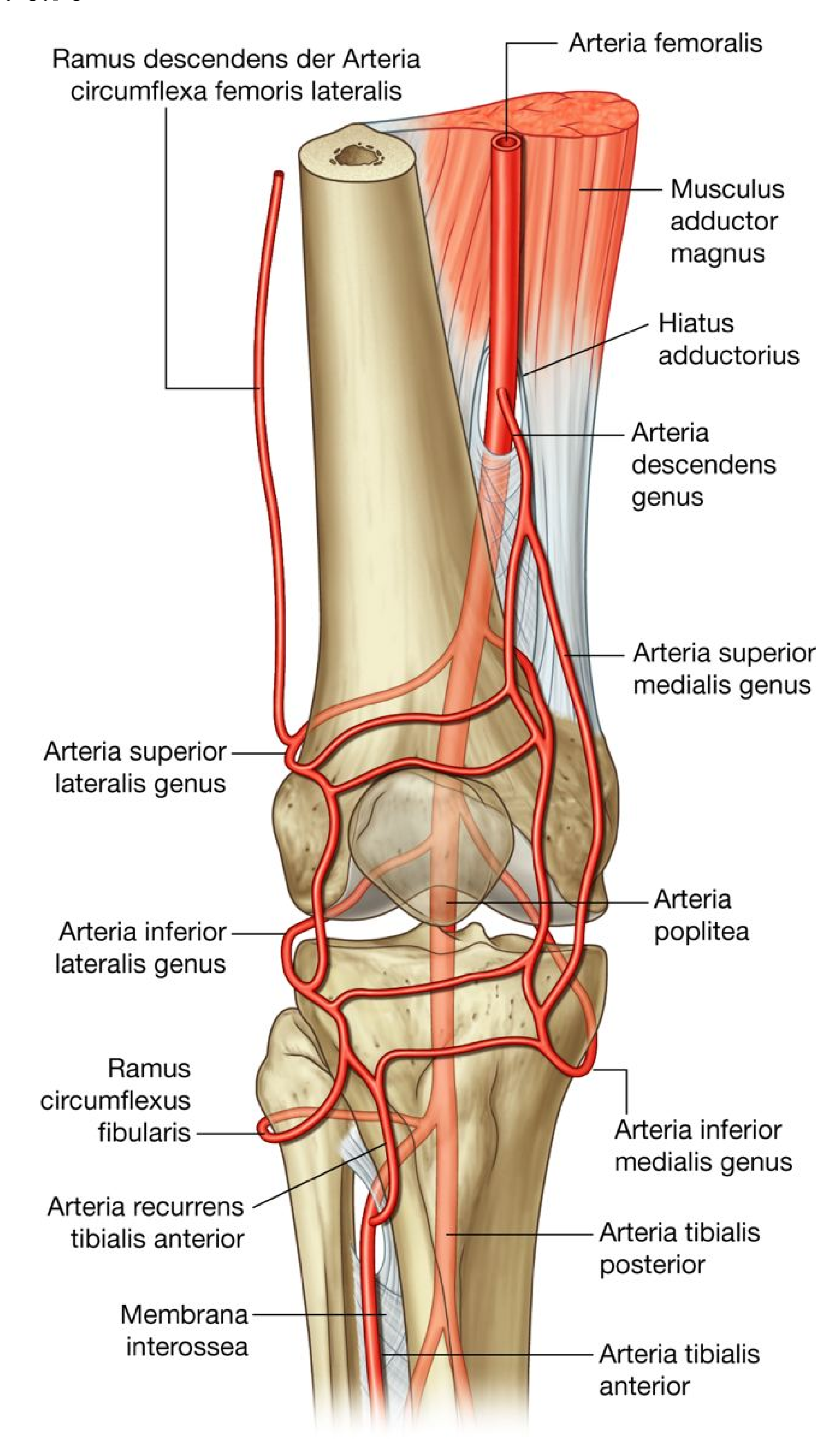
Der Musculus popliteus initiiert die „Entblockung“ des Kniegelenks, indem er eine Außenrotation des Femurs auf der Tibia bewirkt.

Gefäßversorgung und Innervation

Die Gefäßversorgung des Kniegelenks erfolgt vorwiegend über absteigende Äste und Gelenkäste der Arteriae femoralis, poplitea und circumflexa femoris lateralis am Oberschenkel und des Ramus circumflexus fibularis sowie der Arteriae recurrentes tibiales anteriores des Unterschenkels. Die Gefäße bilden ein Gefäßnetzwerk um das Gelenk (Abb. 6.76).

Das Kniegelenk wird von Ästen der Nervi obturatorius, femoralis, tibialis und fibularis communis innerviert.

Abb. 6.76



Arterielle Anastomosen im Bereich des Kniegelenks. Ansicht von ventral.

Klinik

Weichgewebeverletzungen am Knie

Im Bereich des Kniegelenks kommt es oft zu Weichteilverletzungen.

Typische Verletzungen sind Kreuzbandrupturen, Meniskusrisse und Verletzungen der Kollateralbänder. Isolierte Weichgewebeverletzungen können vorkommen, oft treten jedoch bestimmte Verletzungen kombiniert auf. So kann eine Ruptur des vorderen Kreuzbands mit einer Ruptur des medialen Kollateralbands sowie des Meniscus medialis einhergehen.

Jede Weichteilverletzung des Kniegelenks kann auch eine Verletzung der Gefäße und Nerven mit sich bringen. Daher ist die Beurteilung der neurovaskulären Strukturen bei der Behandlung von Weichteilverletzungen des Kniegelenks essenziell.

Klinik

Degenerative Gelenkerkrankung/Gonarthrose

Degenerative Gelenkerkrankungen können an vielen Gelenken des Körpers auftreten. Gelenkverschleiß kann durch vermehrte Benspruchung bei normalem Knorpelstatus oder bei normaler Beanspruchung und vermindertem Knorpelstatus auftreten.

Typischerweise treten degenerative Gelenkerkrankungen in Synovialgelenken auf. Solche mit Chondrozytencluster- und Fissurenbildung im Gelenkknorpel einhergehenden Veränderungen bezeichnet man als Arthrose. Bei der Arthrose sind neben dem Gelenkknorpel auch Gelenkkapsel und Knochen beteiligt. Typische radiologische Zeichen sind ein verschmälerter Gelenkspalt, eine Sklerosierung (Sklerose), die Ausbildung von Osteophyten (kleine knöcherne Anbauten) und knöcherne Zystenbildung (Geröllzysten). Bei fortschreitender Erkrankung kann es zu einer Gelenkfehlstellung kommen. Die Beweglichkeit kann dabei deutlich eingeschränkt sein, und es können starke Schmerzen auftreten.

Am häufigsten sind das Daumensattelgelenk, die kleinen Gelenke der Hand und das Handgelenk von arthrotischen Veränderungen betroffen. In der unteren Extremität kommen Arthrosen besonders im Hüft- und im Kniegelenk vor, obwohl auch die Tarsometatarsal- und Metatarsophalangealgelenke befallen werden können.

Die Ursachen, die zu einer Arthrose führen, sind nicht vollständig geklärt. Vermutlich begünstigen Faktoren wie eine genetische Prädisposition, zunehmendes Lebensalter (bei Männern früher als bei Frauen), Über- und Unterbeanspruchung von Gelenken sowie Ernährungs- oder Stoffwechselveränderungen eine Arthrose. Weitere Faktoren sind posttraumatische Veränderungen oder vorbestehende Gelenkdeformitäten oder erkrankungen.

Die histologischen Befunde bei der Arthrose sind degenerative Veränderungen des Knorpels und des subchondralen Knochens, wie die bereits erwähnte Clusterbildung von Chondrozyten und die Ausbildung von Knorpelfissuren. Weitere Gelenkzerstörungen verschlimmern diese Veränderungen und münden in einen Circulus vitiosus. Mit fortschreitender Erkrankung können sich die Schmerzen verstärken, die morgens, bei beginnender Bewegung (sog. Anlaufschmerz) und nach Belastung am schlimmsten sind. Sie werden auch durch extreme oder ungewohnte Bewegungen, Morgensteifigkeit und Bewegungseinschränkungen verstärkt. Es gibt jedoch auch eine ganze Reihe von Patienten, die massivste Gelenkveränderungen aufweisen und dabei nur geringe Schmerzen verspüren. Bei den meisten Patienten steht der Schmerz aber im Vordergrund.

Die Therapie umfasst Veränderungen der Lebens-gewohnheiten zur Schmerzvermeidung sowie die Gabe leichter Schmerzmedikamente. Bei fortschreitender Erkrankung kann ein operativer Gelenkersatz notwendig werden. Dies ist aber kein Allheilmittel, da auch der Gelenkersatz nicht ohne Risiko und Komplikationen ist, wie Infektionen sowie Kurzzeit- oder Langzeitversagen der Prothesen. In jüngster Zeit sind der autologe Knorpelersatz, das Aufnähen von Perichondrium und die Stammzelltherapie in den Vordergrund gerückt. Allerdings zeigt bislang keines der Verfahren überzeugende Langzeitergebnisse.

562

563

Klinik

Untersuchung des Kniegelenks

Vor der Untersuchung muss eine auführliche Anamnese erhoben werden. Diese sollte Informationen über die Beschwerden, die Symptome und die Lebensgewohnheiten des Patienten (Aktivitätslevel) einschließen. Die Anamnese kann wichtige Hinweise auf die Art der Verletzung und mögliche Ergebnisse einer Untersuchung geben. Erhält ein Patient z.B. einen Tritt gegen das mediale Knie, kann eine Valgusdeformität mit Verletzung des medialen Kollateralbandes vermutet werden. Die Untersuchung sollte eine Einschätzung im Stand, beim Gehen und im Liegen beinhalten. Die betroffene Seite muss mit der gesunden verglichen werden. Es gibt viele Tests und Techniken, um ein Kniegelenk zu untersuchen. Einige sind die Folgenden:

Untersuchungen auf ventrale Instabilität

- **Lachman-Test:** Der Patient liegt auf dem Rücken, der Untersucher legt eine Hand um das distale Femur, die andere um die proximale Tibia und bringt das Knie in 20° Flexion. Die Ferse des Patienten liegt auf. Der Daumen des Untersuchers sollte auf der Tuberositas tibiae liegen. Die Hand an der Tibia führt eine schnelle Bewegung nach ventral durch. Fehlt ein harter Anschlag, ist der Lachman-Test positiv. Dies ist ein Hinweis auf eine vordere Kreuzbandruptur.
- **Vordere Schublade:** Eine positive vordere Schublade liegt vor, wenn der proximale Tibiakopf eines Patienten nach ventral gegen das Femur verschoben werden kann. Der Patient liegt für diese Untersuchung auf dem Rücken. Das Knie ist in 90°-Stellung gebeugt, Ferse und Fußsohle liegen der Unterlage auf. Der Untersucher

setzt sich auf den in Neutralstellung befindlichen Fuß des Patienten. Mit den Zeigefingern wird geprüft, ob die ischiokruralen Muskeln entspannt sind, während die anderen Finger um die proximale Tibia gelegt werden und diese nach vorn ziehen. Lässt sich die Tibia nach ventral verschieben, ist das vordere Kreuzband rupturiert. Andere Strukturen wie der Meniscus medialis oder die meniskotibialen Bänder müssen auch verletzt sein, damit das Zeichen positiv ist.

- **Pivot-Shift-Test:** Es gibt verschiedene Varianten dieses Tests. Der Fuß des Patienten befindet sich zwischen Körper und Ellbogen des Untersuchers. Das Knie wird mit den Händen (jeweils eine am Ober- und eine am Unterschenkel) in die volle Streckung gebracht und unter Valgusstress (Adduktion) gesetzt. Unter ventraler Translation der Tibia und Valgusstress wird jetzt die Flexion des Kniegelenks initiiert. Bei 20° bis 30° Flexion kommt es zu einer ruckartigen Reposition („pivot shift“) des lateralen Tibiaplateaus. Dies kann ein Zeichen für eine vordere Kreuzbandruptur sein.

Untersuchung auf dorsale Instabilität

- **Hintere Schublade:** Eine positive hintere Schublade bedeutet, dass die proximale Tibia auf dem Femur nach dorsal verschoben werden kann. Der Patient liegt entspannt auf dem Rücken, das Knie ist um etwa 90° gebeugt und der Fuß in neutraler Position. Der Untersucher sitzt auf dem Fuß des Patienten und legt beide Daumen auf die Tuberositas tibiae. Dann wird die Tibia nach dorsal geschoben. Wenn sich das Tibiaplateau nach dorsal bewegen lässt, ist der Test positiv, und das hintere Keuzband ist rupturiert.

Beurteilung anderer Strukturen des Kniegelenks

- **Beurteilung des medialen Kollateralbandes** über einen Valgusstresstest am Kniegelenk.
- Die **Beurteilung der lateralen und posterolateralen Strukturen des Kniegelenks** erfordert komplexere klinische Tests.

Das Knie wird außerdem untersucht auf

- Gelenksteife
- patellofemorale Bewegung und Instabilität
- Vorhandensein eines Ergusses („tanzende Patella“)
- Muskelverletzungen
- Vorwölbungen und Veränderungen in der Fossa poplitea.

Weitere Untersuchungen

Nach der klinischen Untersuchung können weitere Untersuchungen wie **konventionelles Röntgen** und gegebenenfalls eine **Magnetresonanztomographie** (MRT) durchgeführt

werden, die die Darstellung von Menisken, Kreuzbändern, Kollateralbändern, Knochen- und Knorpelflächen sowie Weichgeweben ermöglicht. Eine **Arthroskopie** (Gelenkspiegelung) kann durchgeführt werden, um Kniebinnenverletzungen zu beheben oder zu verringern. Ein Arthroskop ist eine kleine Optik, die durch anterolaterale und anteromediale Zugänge im Knie platziert werden kann. Das Gelenk wird mit Kochsalzlösung gefüllt, und anschließend lassen sich die Kniebinnenstrukturen (Kreuzbänder, Menisken, Knorpeloberflächen) beurteilen.

563

564

Articulatio tibiofibularis

Das kleine Tibiofibulargelenk ist eine Amphiarthrose (eine wenig bewegliche gelenkige Verbindung, Abb. 6.77). Die gegenüberliegenden Gelenkflächen an der Unterfläche des Condylus lateralis der Tibia (Facies articularis fibularis tibiae) und an der medialen Oberfläche des Caput fibulae (Facies articularis capitis fibulae) sind flach und rund. Die Gelenkkapsel wird durch die Ligamenta capitis fibulae anterius und posterius verstärkt.

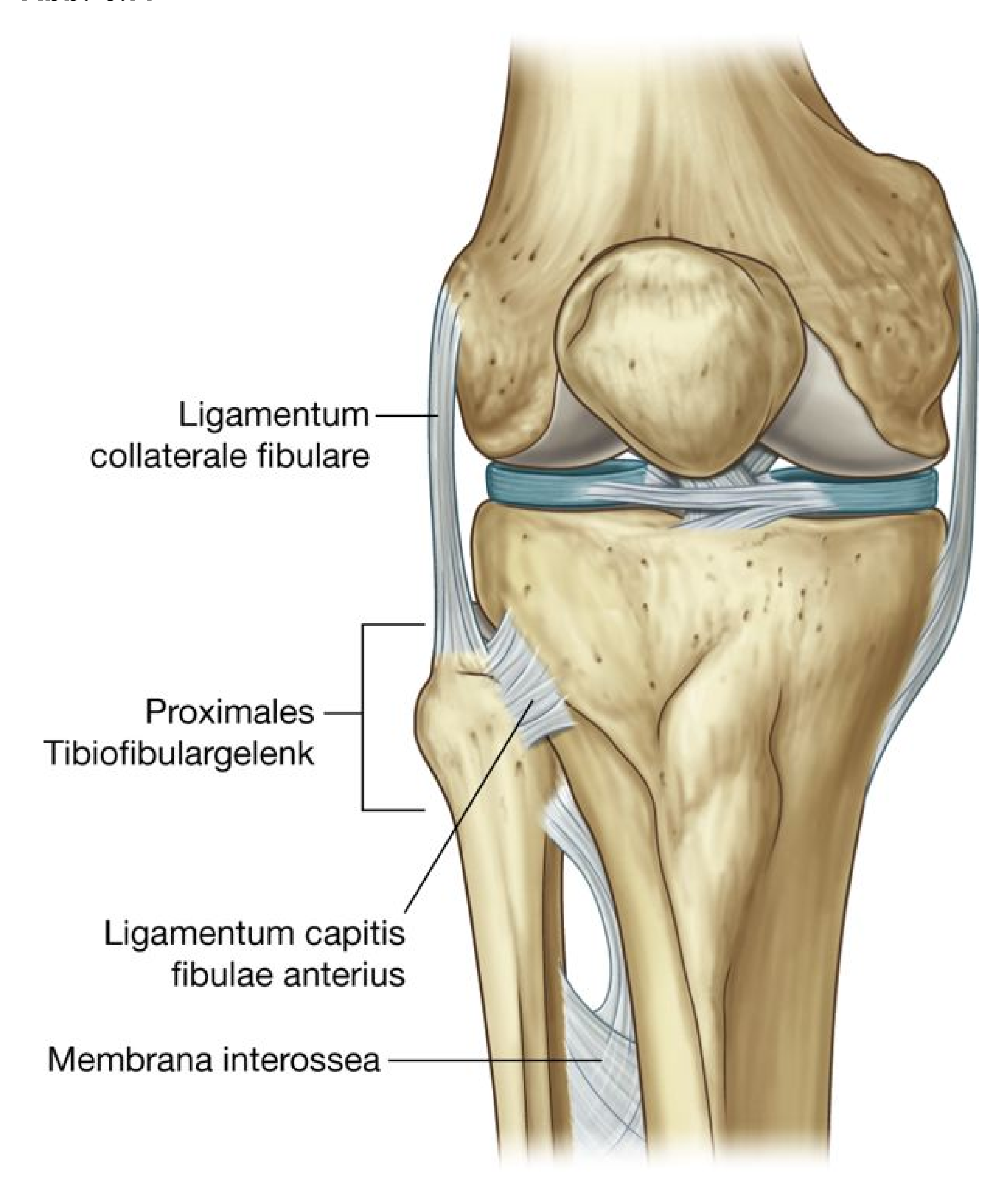
Fossa poplitea

Die **Fossa poplitea** (Kniekehle) ist ein wichtiger Übergangsbereich zwischen Ober- und Unterschenkel und der Hauptweg, den Strukturen zwischen den beiden Regionen nehmen.

Die Fossa poplitea ist ein rhombenförmiger Raum hinter dem Kniegelenk, der durch die Muskeln der dorsalen Muskellogen von Ober- und Unterschenkel gebildet wird (Abb. 6.78A):

- Der obere Anteil des Rhombus wird medial von den distalen Enden der Musculi semitendinosus und semimembranosus sowie lateral vom distalen Ende des Musculus biceps femoris begrenzt.
- Der kleinere untere Anteil der Fossa poplitea wird medial vom Caput mediale des Musculus gastrocnemius sowie lateral vom Musculus plantaris und vom Caput laterale des Musculus gastrocnemius gebildet.
- Der Boden der Fossa poplitea wird von der Kapsel des Kniegelenks und den angrenzenden Oberflächen von Femur und Tibia sowie vom Musculus popliteus gebildet.
- Das Dach der Fossa poplitea wird von der Fascia poplitea gebildet, der Fortsetzung der Fascia lata des Oberschenkels.

Abb. 6.77



Articulatio tibiofibularis.

Inhalt

Die Fossa poplitea enthält die Arteria poplitea, die Vena poplitea, der Nervus tibialis, der Nervus fibularis communis sowie Lymphgefäße (Abb. 6.78B).

Nervi tibialis und fibularis communis

Der Nervus tibialis und der Nervus fibularis (peroneus) communis entspringen in der proximalen Fossa poplitea als Hauptäste des Nervus ischiadicus. Sie liegen in der Fossa poplitea oberflächlich und treten unter dem Rand des Musculus biceps femoris in die Kniekehle:

- Der Nervus tibialis läuft vertikal durch die Fossa poplitea und verlässt sie unterhalb des Musculus plantaris, um in die dorsale Muskelloge des Unterschenkels zu gelangen.
- Der Nervus fibularis communis folgt der Sehne des Musculus biceps femoris um den unteren lateralen Rand der Fossa und verläuft weiter zur lateralen Seite des Unterschenkels. Hier zieht er um das Collum fibulae und tritt in das laterale Unterschenkelkompartiment.

Arteria und Vena poplitea

Die Arteria poplitea ist die Fortsetzung der Arteria femoralis im ventralen Muskelkompartiment des Unterschenkels. Sie beginnt per definitionem am Hiatus adductorius des Musculus adductor magnus.

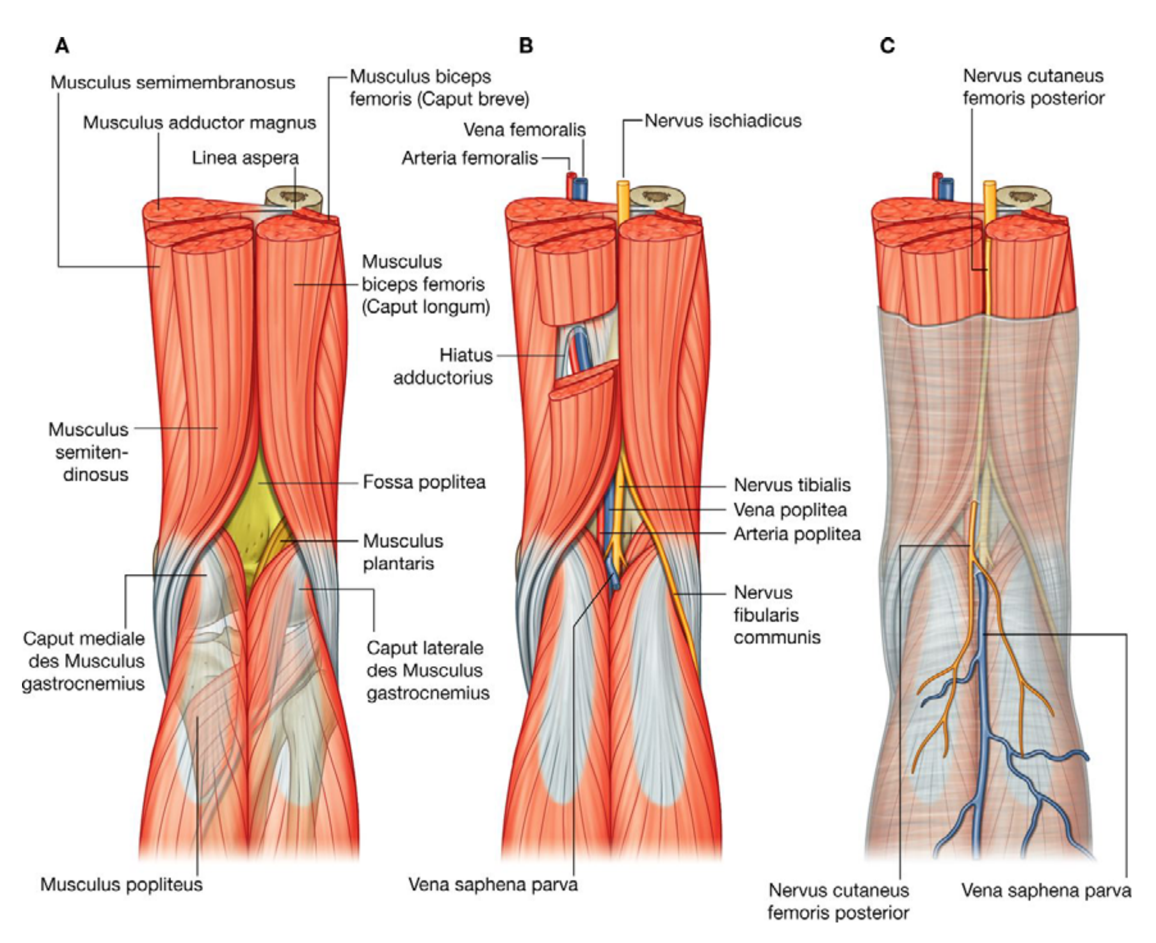
Die Arteria poplitea tritt an der oberen medialen Seite unter dem Rand des Musculus semimembranosus in die Fossa poplitea. Sie verläuft zusammen mit dem Nervus tibialis schräg durch die Fossa poplitea, tritt dann in die dorsale Muskelloge des Unterschenkels und endet am Unterschenkel, indem sie sich in die Arteriae tibiales anterior und posterior teilt. *Die Arteria poplitea liegt in der Fossa poplitea am tiefsten und ist daher schwer palpierbar. Trotzdem kann man medial von der Mittellinie der Fossa poplitea in der Tiefe einen Puls tasten*.

Die Arteria poplitea gibt in der Fossa popliteaÄste an die umliegenden Muskeln und einige Gelenkäste ab, die zum Gefäßnetz des Kniegelenks beitragen.

Die Vena poplitea liegt oberflächlich und verläuft mit der Arteria poplitea. Sie verlässt die Fossa poplitea kranial, tritt durch den Hiatus adductorius und wird zur Vena femoralis.

564

Abb. 6.78



Fossa poplitea. **A**. Begrenzungen. **B**. Nerven und Gefäße. **C**. Epifasziale Strukturen.

Dach der Fossa poplitea

Das Dach der Fossa poplitea wird von der Fascia poplitea und von Haut bedeckt (Abb. 6.78C). Die wichtigste epifasziale Struktur ist die Vena saphena parva, die von der lateralen Seite des Arcus venosus dorsalis pedis auf der Fascia cruris heraufläuft. Sie durchdringt die Fascia poplitea und tritt in die Kniekehle, wo sie in die Vena poplitea mündet.

Eine weitere Struktur, die durch das Dach der Fossa poplitea verläuft, ist der Nervus cutaneus femoris posterior, der oberhalb der ischiokruralen Muskeln den Oberschenkel abwärts verläuft, durch das Dach der Fossa poplitea tritt und zusammen mit der Vena saphena parva nach distal zieht, um die Haut der oberen Wadenregion zu innervieren.

UNTERSCHENKEL

Der Unterschenkel ist der Teil der unteren Extremität zwischen Kniegelenk und Sprunggelenk (Abb. 6.79):

- Proximal verlaufen die meisten Strukturen zwischen Ober- und Unterschenkel durch die oder in Beziehung zur Fossa poplitea hinter dem Kniegelenk.

- Distal verlaufen die Strukturen zwischen Unterschenkel und Fuß vorwiegend durch den Tarsaltunnel am posteromedialen Sprunggelenk. Ausnahmen sind die Arteria tibialis anterior und die Endäste der Nervi fibulares superficialis und profundi, die ventral des Sprunggelenks zum Fuß gelangen.

Das knöcherne Grundgerüst des Unterschenkels besteht aus zwei Knochen, der Tibia und der Fibula, die parallel zueinander verlaufen.

Die **Fibula** ist deutlich schmaler als die Tibia und liegt an

565

566

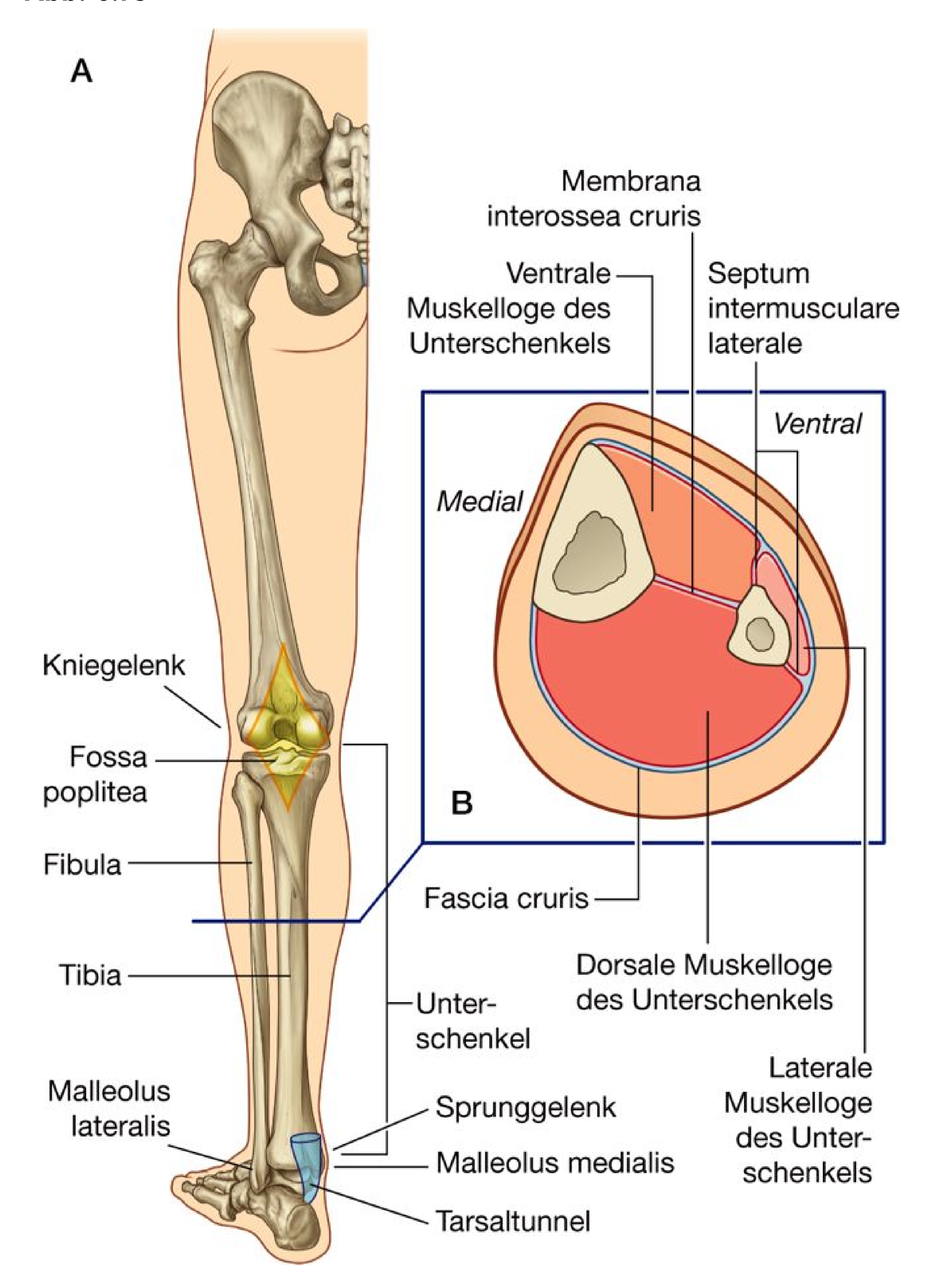
der lateralen Seite des Unterschenkels. Sie artikuliert kranial mit dem Condylus lateralis der Tibia (Articulatio tibiofibularis), ist aber nicht am Kniegelenk beteiligt. Die **Tibia** ist der gewichttragende Knochen des Unterschenkels und daher deutlich größer als die Fibula. Kranial ist sie an der Bildung des Kniegelenks beteiligt; kaudal bildet sie den Malleolus medialis und den Großteil der knöchernen Oberfläche, der der Artikulation mit dem Fuß im Sprunggelenk dient.

Der Unterschenkel wird in ein ventrales (Extensoren), ein dorsales (Flexoren) und ein laterales (Peroneusgruppe) Kompartiment unterteilt, und zwar durch

- die Membrana interossea cruris, die die einander zugewandten Ränder von Tibia und Fibula (Margines interossei tibiae und fibulae) miteinander verbindet
- zwei Septa intermuscularia, die zwischen der Fibula und der Fascia cruris (Unterschenkelfaszie) verlaufen
- die direkte Anheftung der tiefen Fascia cruris am Periost der Margines anterior und medialis der Tibia (Abb. 6.79B).

Die Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterschenkels bewirken eine Dorsalextension des Sprunggelenks, eine Extension der Zehen und eine Inversion des Fußes. Die Muskeln im

Abb. 6.79



Unterschenkel. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Querschnitt durch den linken Unterschenkel.

dorsalen Kompartiment plantarflektieren das Sprunggelenk, flektieren die Zehen und invertieren den Fuß. Die Muskulatur der lateralen Muskelloge bewirken die Eversion des Fußes. Die Hauptnerven und gefäße innervieren und versorgen die Muskulatur der Kompartiments oder verlaufen durch sie.

Knochen

Tibiaschaft und distales Ende der Tibia

Der Tibiaschaft ist im Querschnitt dreieckig und besitzt die Margines anterior, interosseus und medialis sowie die Facies medialis, lateralis und posterior (Abb. 6.80):

- Der Margo anterior und der Margo medialis sowie die gesamte Facies anterior liegen subkutan und sind einfach zu tasten.
- Der Margo lateralis ist auf seiner gesamten Länge über die Membrana interossea cruris mit der Fibula verbunden.
- Die Facies posterior ist durch eine schräge Linie (Linea musculi solei) gekennzeichnet.

Die Linea musculi solei läuft von lateral nach medial den Knochen herab und verbindet sich mit dem Margo medialis. Zusätzlich verläuft eine vertikale Linie im oberen Anteil der Facies posterior von der Mitte der Linea musculi solei kaudalwärts. Sie verschwindet im unteren Tibiadrittel.

Der Tibiaschaft (Corpus tibiae) verbreitert sich kranial und kaudal, um das Körpergewicht im Kniegelenk und im Sprunggelenk zu tragen.

Das distale Ende der Tibia ist wie ein Rechteck mit einer knöchernen Vorwölbung an der medialen Seite **(Malleolus medialis;**(Abb. 6.80) geformt. Der obere Teil des Rechtecks steht mit dem Tibiaschaft in Verbindung. Der untere Teil und der Malleolus medialis artikulieren mit einem Fußwurzelknochen (Talus) und bilden dadurch den größten Anteil des Sprunggelenks.

Die Facies posterior des distalen Tibiaendes ist durch einen vertikalen Sulcus (Sulcus malleolaris) gekennzeichnet, der nach medial und kaudal zur Facies posterior des Malleolus medialis zieht. In dem Sulcus verläuft die Sehne des Musculus tibialis posterior.

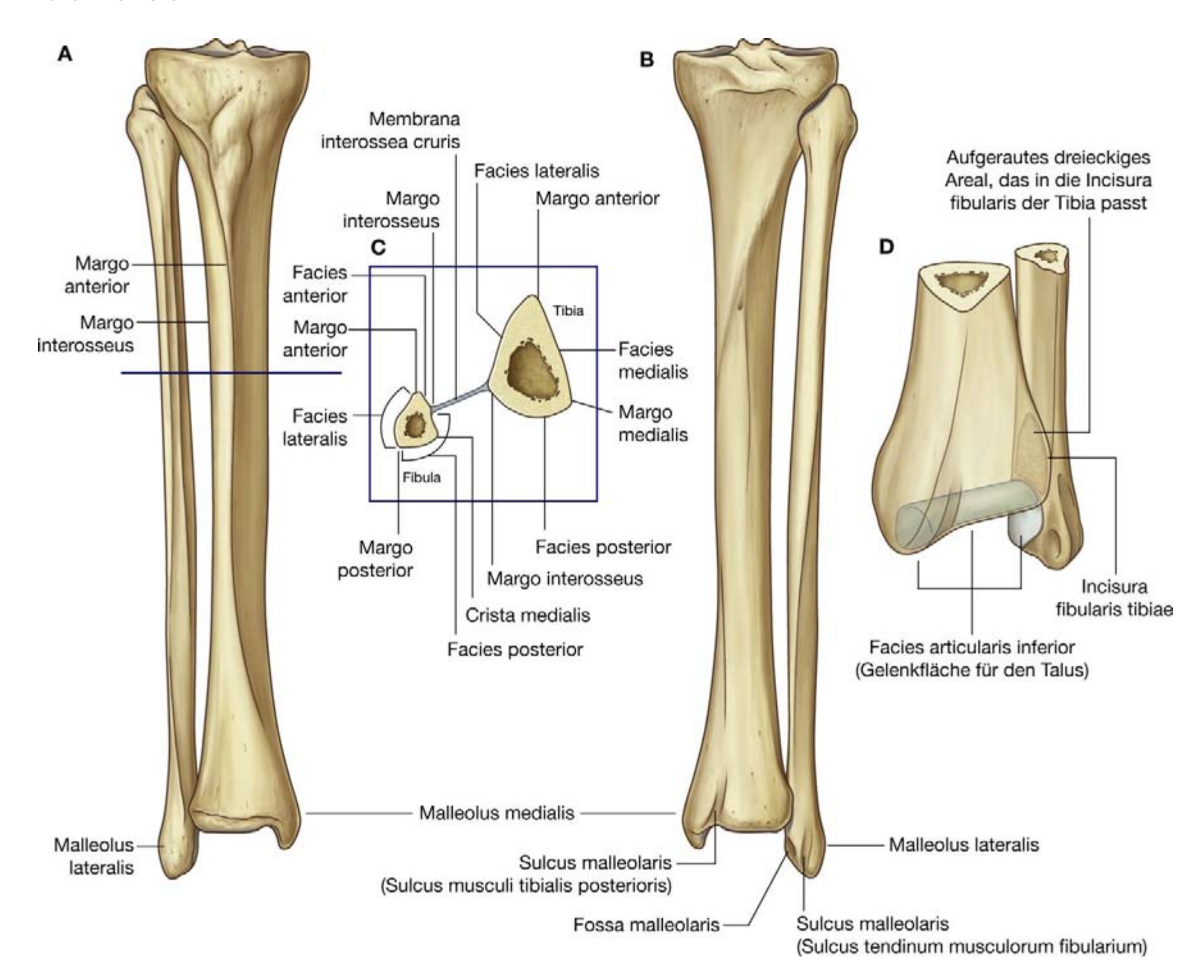
Die Facies lateralis des distalen Tibiaendes trägt eine dreieckige Kerbe **(Incisura fibularis)**, an der das distale Fibulaende durch eine Verdickung der Membrana interossea cruris ansetzt.

Schaft und distaler Abschnitt der Fibula

Die Fibula ist kein gewichttragender Knochen. Der Fibulaschaft ist daher deutlich schmaler als der Tibiaschaft. Außerdem ist die Fibula mit Ausnahme ihrer Epiphysen von Muskulatur umgeben.

566

Abb. 6.80



Tibia und Fibula. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von dorsal. **C**. Querschnitt durch die Knochenschäfte. **D**. Ansicht von dorsomedial auf die distalen Enden.

Wie die Tibia ist auch die Fibula im Querschnitt dreieckig und hat drei Ränder (Margines) und drei Oberflächen (Facies) als Ansatzstellen für Muskeln, intermuskuläre Septen und Bänder (Abb. 6.80). Der Margo interosseus ragt deutlich hervor und ist über die Membrana interossea cruris mit dem Margo lateralis der Tibia verbunden. Septa intermuscularia setzen an den Margines anterior und posterior an. An allen drei Oberflächen setzen Muskeln an.

Die schmale **Facies medialis** ist zur ventralen Muskelloge des Unterschenkels gerichtet, die **Facies lateralis** weist zur lateralen Muskelloge, und die **Facies posterior** zeigt in Richtung dorsales Kompartiment.

Die Facies posterior wird von einem vertikalen Kamm **(Crista medialis)** markiert, der die Facies posterior in zwei Anteile trennt. An jedem Anteil setzt ein anderer Muskel der tiefen Flexoren an.

Der distale Abschnitt der Fibula verbreitert sich zum spatenförmigen **Malleolus lateralis** (Abb. 6.80).

Die mediale Oberfläche des Malleolus lateralis trägt eine Gelenkfacette (Facies articularis malleoli lateralis) zur Artikulation mit der lateralen Fläche des Talus (Facies lateralis der Trochlea tali) und bildet so den lateralen Anteil des Sprunggelenks. Oberhalb der Gelenkfacette befindet sich ein dreieckiges Areal, das in die Incisura fibularis der distalen Tibia passt. An dieser Stelle sind Tibia und Fibula durch den unteren Abschnitt der Membrana interossea cruris miteinander verbunden. Dorsokaudal der Gelenkfacette für den Talus befindet sich eine Grube **(Fossa malleoli lateralis)**, an der das Ligamentum talofibulare posterius des Sprunggelenks ansetzt.

Die dorsale Oberfläche des Malleolus lateralis weist einen schmalen Sulcus für die Sehnen der Musculi fibulares longus und brevis auf.

567
568

Gelenke

Membrana interossea cruris

Die Membrana interossea cruris ist eine kräftige Bindegewebsplatte, die sich zwischen den gegenüberliegenden Grenzen von Tibia und Fibula aufspannt (Abb. 6.81). Die Kollagenfasern verlaufen schräg vom Margo lateralis der Tibia nach distal zum Margo interosseus der Fibula. Nur kranial befinden sich Fasern, die von der Tibia kranialwärts zur Fibula verlaufen.

Es gibt eine kraniale und eine kaudale Öffnung in der Membrana interossea cruris, durch die Gefäße zwischen der ventralen und dorsalen Muskelloge des Unterschenkels verlaufen.

Die Membrana interossea cruris verbindet nicht nur die Tibia mit der Fibula und stabilisiert die Malleolengabel, sondern sie dient auch als Muskelursprungsfeld.

Die distalen Enden von Tibia und Fibula werden durch den Unterrand der Membrana interossea cruris zusammengehalten, die den engen Raum zwischen Incisura fibularis tibiae und der korrespondierenden Oberfläche der Fibula verbindet. Das ausgedehnte Ende der Membrana interossea cruris wird von den **Ligamenta tibiofibularia anterius** und **posterius** verstärkt. Diese feste Verbindung stellt eine Syndesmose dar und ist essenziell für die Bildung der Malleolengabel zur Artikulation mit dem Fuß im oberen Sprunggelenk.

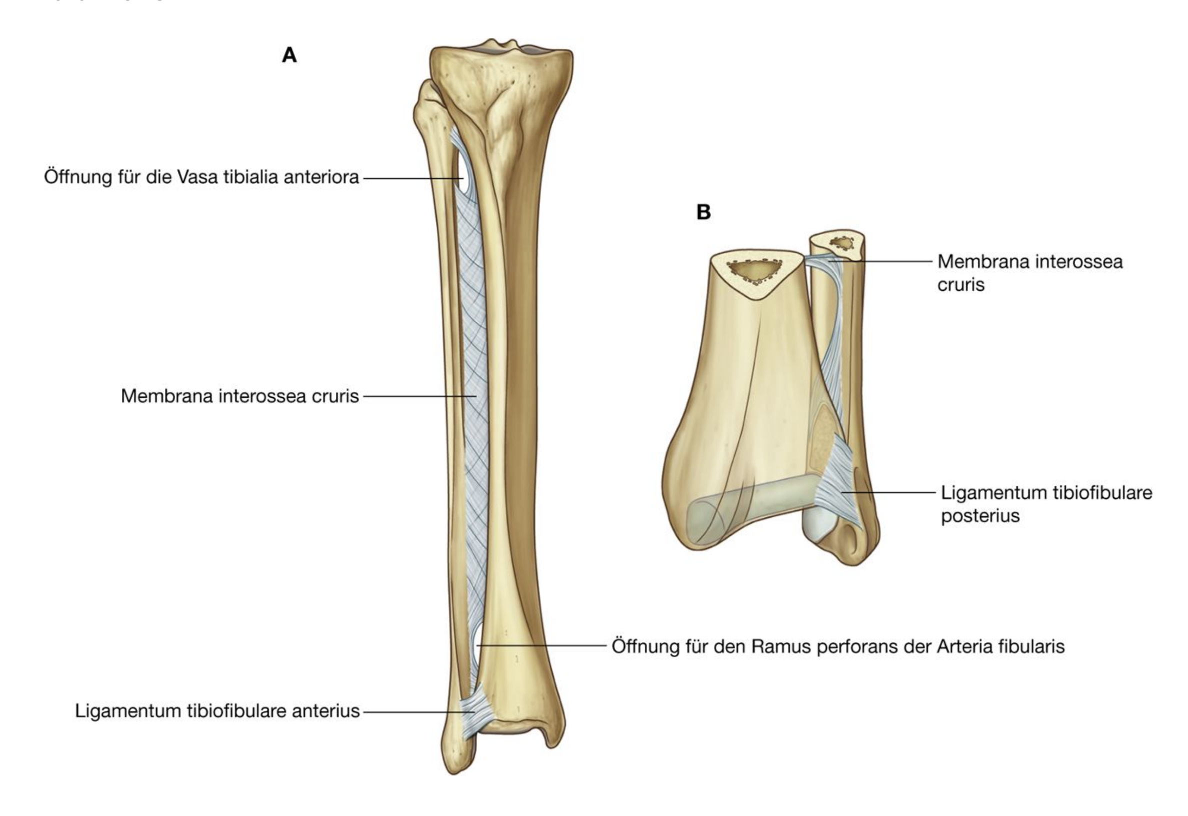
Dorsale Muskelloge des Unterschenkels

Muskulatur

Die Muskeln in der dorsalen (Flexoren-)Loge des Unterschenkels werden in zwei Gruppen eingeteilt, oberflächliche und tiefe Flexoren, die durch ein tiefes Blatt der Fascia cruris voneinander getrennt werden. Die Flexoren bewirken vor allem eine Plantarflexion und Inversion des Fußes und eine Flexion der Zehen. Sie werden alle vom Nervus tibialis innerviert.

Oberflächliche Gruppe

Abb. 6.81



Membrana interossea cruris. **A**. Ansicht von ventral. **B**. Ansicht von posterolateral.

Die oberflächliche Gruppe der Muskeln des dorsalen Kompartiments besteht aus drei Muskeln – Musculus gastrocnemius, Musculus plantaris und Musculus soleus (Tab. 6.6) – die jeweils am Calcaneus entspringen und den Fuß im Sprunggelenk plantarflektieren (Abb. 6.82). Als Einheit sind die Muskeln groß und kräftig, da sie den Körper beim Gehen vorwärtstreiben, indem sie den Rückfuß vom Boden heben und den Körper in den Zehenstand bringen können. Die Musculi gastrocnemius und plantaris inserieren am Tuber calcanei der Tibia und können das Knie beugen.

568

569

Musculus gastrocnemius

Der **Musculus gastrocnemius** ist der am weitesten oberflächlich liegende Muskel der dorsalen Muskelloge und einer der größten Unterschenkelmuskeln (Abb. 6.82). Er entspringt mit zwei Köpfen, einem Caput mediale und einem Caput laterale:

- Das **Caput mediale** entspringt an einer länglichen Aufrauung am distalen dorsalen Femurende direkt hinter dem Tuberculum adductorium und oberhalb der Gelenkfläche des Epicondylus medialis femoris.
- Das **Caput laterale** entspringt von einer Facette an der oberen lateralen Oberfläche des Epicondylus lateralis femoris.

Am Knie bilden die sich gegenüberliegenden Ränder der beiden Köpfe des Musculus gastrocnemius die laterale und mediale Begrenzung des unteren Anteils der Fossa poplitea.

Am oberen Unterschenkel verbinden sich die beiden Köpfe zu einem gemeinsamen Muskelbauch, der den Großteil der Muskelmasse der **Wade** ausmacht.

Im kaudalen Abschnitt des Unterschenkels verbinden sich die Muskelfasern des Musculus gastrocnemius mit den Muskelfasern des darunterliegenden Musculus soleus und bilden die Achillessehne **(Tendo calcaneus)**, die am Calcaneus ansetzt.

Der Musculus gastrocnemius bewirkt eine Plantarflexion des Fußes im oberen und unteren Sprunggelenk und kann außerdem das Kniegelenk beugen. Er wird vom Nervus tibialis innerviert.

Musculus plantaris

Der **Musculus plantaris** besitzt proximal einen kleinen Muskelbauch und eine lange schmale Sehne, die am Unterschenkel herabläuft und in die Achillessehne einstrahlt (Abb. 6.82). Der Muskel entspringt oberhalb des Ansatzes des Caput laterale des Musculus gastrocnemius am Epicondylus lateralis femoris und von der Gelenkkapsel des Kniegelenks am Ligamentum popliteum obliquum.

Der kurze spindelförmige Muskelbauch verläuft unterhalb des Caput laterale des Musculus gastrocnemius nach medial und bildet eine schmale Sehne, die zwischen den Musculi gastrocnemius und soleus verläuft, um sich dann mit der medialen Seite der Achillessehne zu verbinden.

Der Musculus plantaris trägt zur Plantarflexion des Fußes im Sprunggelenk und zur Flexion des Unterschenkels im Kniegelenk bei. Er wird vom Nervus tibialis innerviert.

Musculus soleus

Der **Musculus soleus** bildet gemeinsam mit den beiden Köpfen des Musculus gastrocnemius den Musculus triceps surae. Der große flache Muskel (Schollenmuskel), der unterhalb des Musculus gastrocnemius liegt (Abb. 6.82), entspringt

- an Caput und Collum fibulae sowie am proximalen Fibulaschaft
- an der Tibia von der Linea musculi solei und dem benachbarten Margo medialis
- und bildet mit zwei Ursprüngen den Arcus tendinosus musculi solei, der sich zwischen Tibia und Fibula aufspannt und über die Vasa poplitea und den Nervus tibialis bei ihrem Verlauf von der Fossa poplitea in die tiefe Region der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels reicht.

Im kaudalen Unterschenkel wird der Muskel schmaler und strahlt in die Achillessehne ein, die am Calcaneus ansetzt.

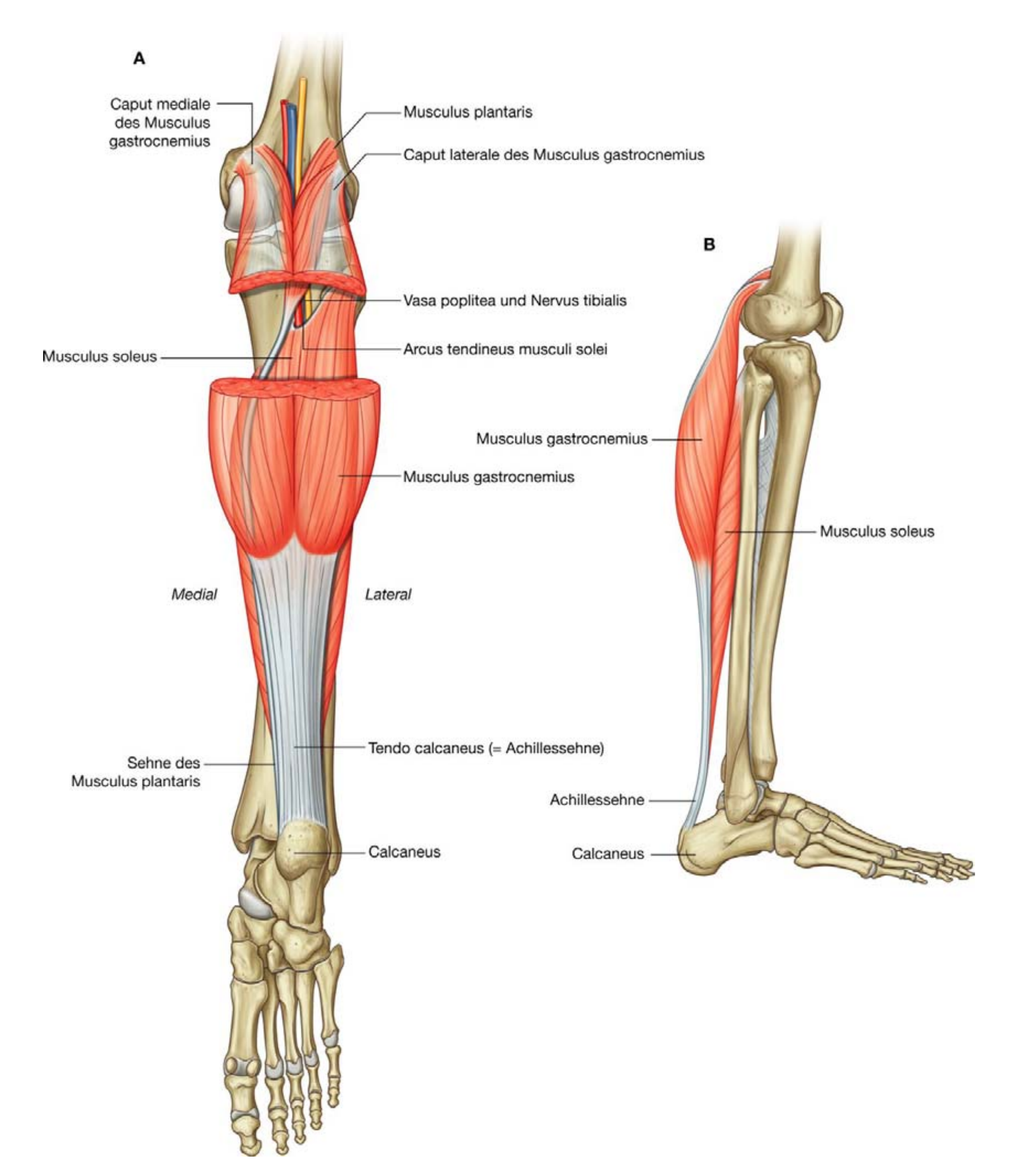
Der Musculus soleus bewirkt zusammen mit dem Musculus gastrocnemius und dem Musculus plantaris die Plantarflexion des Fußes im Sprunggelenk. Er wird vom Nervus tibialis innerviert.

Tab. 6.6 Oberflächliche Muskelgruppe des dorsalen Unterschenkelkompartiments (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	**Ursprung**	**Ansatz**	**Innervation**	**Funktion**
Musculus gastrocnemius	Caput mediale: oberhalb des Epicondylus medialis femoris Caput laterale: oberhalb des Epicondylus lateralis femoris	Über die Achillessehne am Tuber calcanei	Nervus tibialis **(S1**, S2)	Plantarflexion des Fußes, Flexion im Kniegelenk
Musculus plantaris	Epicondylus lateralis femoris und Ligamentum popliteum obliquum	Über die Achillessehne am Tuber calcanei	Nervus tibialis **(S1**, S2)	Plantarflexion des Fußes, Flexion im Kniegelenk
Musculus soleus	Facies posterior von Caput und Collum fibulae, Linea musculi solei der Tibia, Arcus tendineus musculi solei zwischen Tibia und Fibulaschaft	Über die Achillessehne am Tuber calcanei	Nervus tibialis (S1, **S2)**	Plantarflexion des Fußes

569

Abb. 6.82



Oberflächliche Muskelgruppe in der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Ansicht von medial.

Klinik

Neurologische Untersuchung der Unterschenkel

Einige der häufigsten Erkrankungen, die die untere Extremität betreffen, sind periphere Neuropathien (vor allem bei Diabetes mellitus), lumbale Nervenwurzelsyndrome (assoziiert mit Bandscheibenschäden), Lähmungen des Nervus fibularis und spastische Paraparesen.

- **Achten auf Muskelatrophien:** Der Verlust von Muskelmasse kann Hinweis auf eine verminderte Innervation sein.
- **Kraft der Muskelgruppen prüfen:** Hüftbeugung (L1, L2 – Musculus iliopsoas – Anheben des gestreckten Beins); Knieflexion (L5 – S2 – ischiokrurale Muskulatur – Knieflexion gegen den Widerstand des Untersuchers); Knieextension (L3, L4 – Musculus quadriceps femoris – der Patient versucht, das Knie gerade zu halten, während der Untersucher versucht, das Knie mit Kraft zu beugen); Plantarflexion des Fußes (S1, S2 – der Patient drückt den Fuß herunter, während der Untersucher von der Fußsohle aus versucht, den Fuß dorsalwärts zu strecken); Dorsalextension des Fußes (L4, L5 – der Patient zieht den Fuß nach oben, während der Untersucher am Fußrücken versucht, den Fuß nach unten zu drücken).
- **Prüfung der Knie- und Sprunggelenkreflexe:** Einige Muskeln werden nur von Nervenfasern aus einem Segment innerviert. Diese Muskeln werden deshalb als Kennmuskeln bezeichnet. Sie können bei Rückenmarksschädigungen bei der Bestimmung der Höhe der Schädigung wichtige Hinweise liefern. Ein Schlag mit dem Reflexhammer auf die Patellarsehne überprüft die Reflexe des Spinalnervs L4 (Kennmuskeln: Musculi vastus lateralis, vastus medialis und tibialis anterior); ein Schlag auf die Achillessehne dient als Kennreflex für das Spinalsegment S1 (Kennmuskeln: Musculi triceps surae, fibularis longus und fibularis brevis). Kennmuskeln für das Spinalsegment L5 sind die Musculi extensores hallucis longus und digitorum brevis.
- **Beurteilung der allgemeinen Sensibilität der lumbalen und oberen sakralen Spinalnerven:** Prüfung von Berührung, Nadelstich und Vibration in den Dermatomen der unteren Extremität.

Tiefe Gruppe

Es gibt drei Muskeln in der tiefen Flexorenloge des Unterschenkels (Abb. 6.83) – Musculi flexor hallucis longus, flexor digitorum longus und tibialis posterior (Tab. 6.7) und den Musculus popliteus in der Tiefe der Kniekehle. Der Musculus popliteus wirkt auf das Kniegelenk, die anderen drei Muskeln wirken vorwiegend auf den Fuß.

Musculus popliteus

Der **Musculus popliteus** ist ein Kniegelenkmuskel. Er ist der kleinste und am weitesten kranial liegende tiefe Muskel des Unterschenkels. Funktionell initiiert er die „Entblockung“ des gestreckten Kniegelenks. Der Musculus popliteus ist flach und dreieckig und bildet einen Teil des Bodens der Fossa poplitea (Abb. 6.83). Er entspringt am Epicondylus lateralis des Femurs, am Caput fibulae, über einen Sehnenzug am Ligamentum arcuatum der Kniegelenkkapsel sowie über Sehnenzüge am Meniscus lateralis des Kniegelenks und setzt oberhalb der Linea musculi solei an der Facies posterior der Tibia an.

Im Stand bewirkt die Kontraktion des Musculus popliteus eine Außenrotation des Femurs auf der fixierten Tibia und „entblockt" so das Kniegelenk. Am Spielbein bewirkt er eine Innenrotation (am gebeugten Knie) und eine Flexion im Kniegelenk. Der Musculus popliteus wird vom Nervus tibialis innerviert.

Musculus flexor hallucis longus

Der Musculus flexor hallucis longus entspringt an der lateralen Seite der dorsalen Muskelloge von den unteren zwei Dritteln der Facies posterior der Fibula und der angrenzenden Membrana interossea cruris (Abb. 6.83). Die Muskelfasern bilden eine lange, strangartige Sehne, die um den Malleolus medialis zieht und in einer Rinne am dorsalen Talus (Sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi) verläuft. Sie läuft unter dem Sustentaculum tali entlang, das vom Calcaneus nach medial zeigt, und zieht dann weiter nach vorn durch die Fußsohle, um an der Unterseite der Basis der Endphalanx der Großzehe anzusetzen.

Der Musculus flexor hallucis longus beugt die Großzehe und wirkt vor allem beim Abrollen und Abstoßen des Vorfußes beim Gehen. Außerdem trägt er zur Plantarflexion des Fußes bei. Er wird vom Nervus tibialis innerviert.

Musculus flexor digitorum longus

Der Musculus flexor digitorum longus entspringt auf der medialen Seite der dorsalen Muskelloge und inseriert an den lateralen vier Zehen der Planta pedis (Abb. 6.83). Er entspringt

571

Tab. 6.7 Musculus popliteus und tiefe Muskelgruppe des dorsalen Unterschenkelkompartiments (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus popliteus	Epicondylus lateralis des Femurs, über das Ligamentum arcuatum vom Caput fibulae und über zwei Sehnenzüge am Meniscus lateralis	Facies posterior der Tibia	Nervus tibialis (L4 – S1)	„Entblockung“ im Kniegelenk, Innenrotation und Flexion im Kniegelenk
Musculus flexor hallucis longus	Facies posterior der Fibula und der angrenzenden Membrana interossea cruris	Plantare Basis der Endphalanx der Großzehe	Nervus tibialis (**S2**, S3)	Flexion der Großzehe
Musculus flexor digitorum longus	Mediale Seite der Facies posterior der Tibia	Plantare Fläche der Basen der Phalanx distalis der Zehen II – V	Nervus tibialis (**S2**, S3)	Flexion der Zehen II –V
Musculus tibialis posterior	Membrana interossea cruris, Facies posterior von Tibia und Fibula	Tuberositas ossis navicularis, Ossa cuneiformia, Os cuboideum	Nervus tibialis (L4, L5)	Inversion und Plantarflexion des Fußes; Unterstützung der Fußwölbungen beim Gehen

vorwiegend von der medialen Seite der Facies posterior der Tibia unterhalb der Linea musculi solei. Der Muskel verläuft dann den Unterschenkel hinab und bildet eine Sehne, die dorsal die Sehne des Musculus tibialis posterior kreuzt. Sie verläuft in einer flachen Rinne um den Malleolus medialis und tritt zur Fußsohle über, kreuzt die Sehne des Musculus flexor hallucis longus, um nach lateral zu gelangen und teilt sich in vier Sehnen, die an der plantaren Fläche der Basen der Phalanx distalis der Zehen II – V ansetzen.

Der Musculus flexor digitorum longus flektiert die lateralen vier Zehen. Er trägt zum Abrollen und Abstoßen des Fußes beim Gehen bei und wird vom Nervus tibialis innerviert.

Musculus tibialis posterior

Der Musculus tibialis posterior entspringt an der Membrana interossea cruris und den angrenzenden Facies posteriorer von Tibia und Fibula (Abb. 6.83). Er liegt zwischen den Musculi flexor digitorum longus und flexor hallucis longus, die ihn überlagern.

In der Nähe des oberen Sprunggelenks wird die Sehne des Musculus tibialis posterior von der Sehne des Musculus flexor digitorum longus überkreuzt und liegt dann medial von der Sehne des Musculus flexor digitorum longus auf der dorsalen Fläche des Malleolus medialis. Sie verläuft weiter entlang der plantaren Fläche der medialen Fußwurzelknochen, bevor sie vor allem an der Tuberositas ossis navicularis und den Ossa cuneiformia inseriert.

Der Musculus tibialis posterior ist der schwächste Plantarflexor im oberen Sprunggelenk und der stärkste Supinator im unteren Sprunggelenk. Er ist an der Verspannung des Längsgewölbes des Fußes beteiligt und wird vom Nervus tibialis innerviert.

Arterien

Arteria poplitea

Die **Arteria poplitea** dient zur Hauptblutversorgung für Unterschenkel und Fuß und zieht von der Fossa poplitea in die dorsale Muskelloge des Unterschenkels (Abb. 6.84).

Die Arterie tritt zwischen dem Musculus gastrocnemius und dem Musculus popliteus in den Unterschenkel und verläuft dann unter dem Arcus tendineus musculi solei zur tiefen dorsalen Muskelloge. Hier teilt sich die Arteria poplitea in eine Arteria tibialis anterior und eine Arteria tibialis posterior.

Arteria tibialis anterior

Die **Arteria tibialis anterior** verläuft durch eine kraniale!Öffnung in der Membrana interossea cruris und tritt in die ventrale Muskelloge des Unterschenkels über. Sie verläuft weiter bis zum Fußrücken.

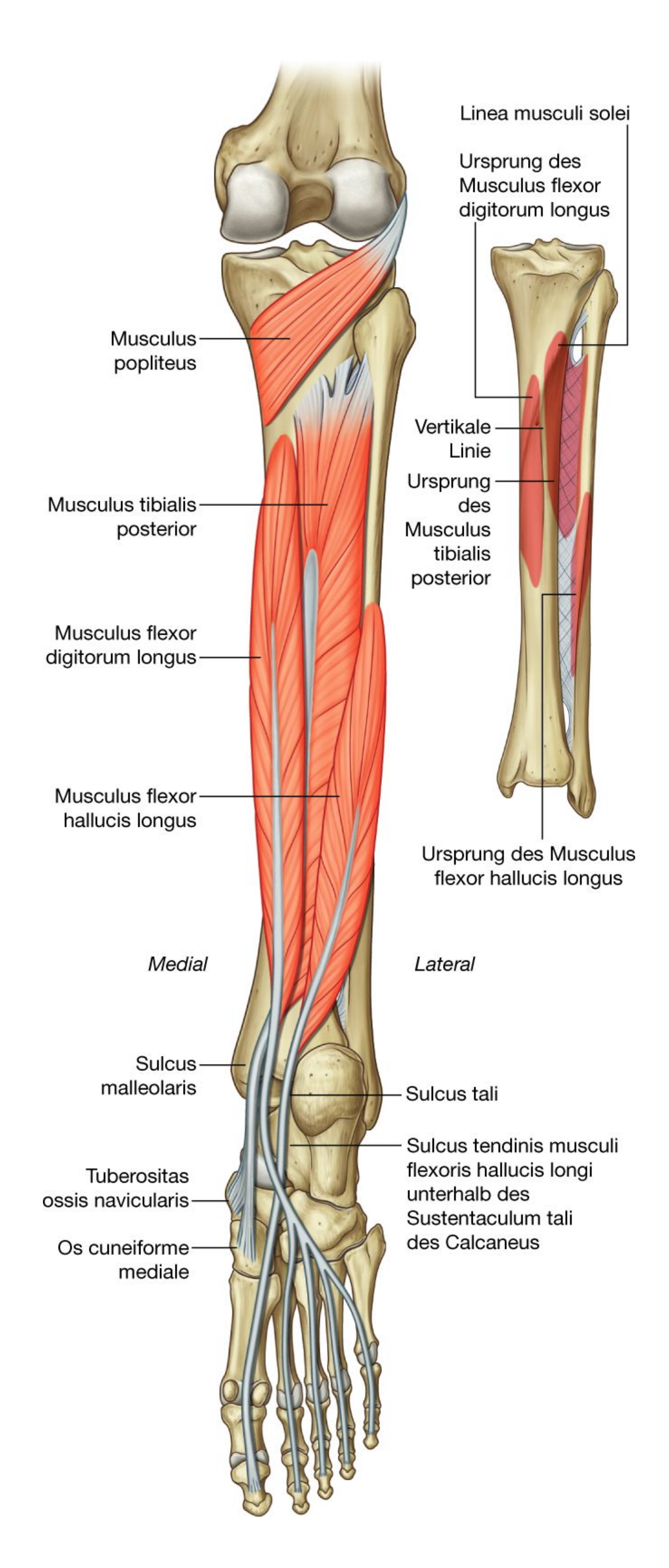
Arteria tibialis posterior

Die **Arteria tibialis posterior** versorgt die dorsale und laterale Muskelloge des Unterschenkels und läuft weiter bis zur Fußsohle (Abb. 6.84).

Die Arteria tibialis posterior verläuft in der Tiefe der dorsalen Muskelloge auf den Musculi tibialis posterior und flexor

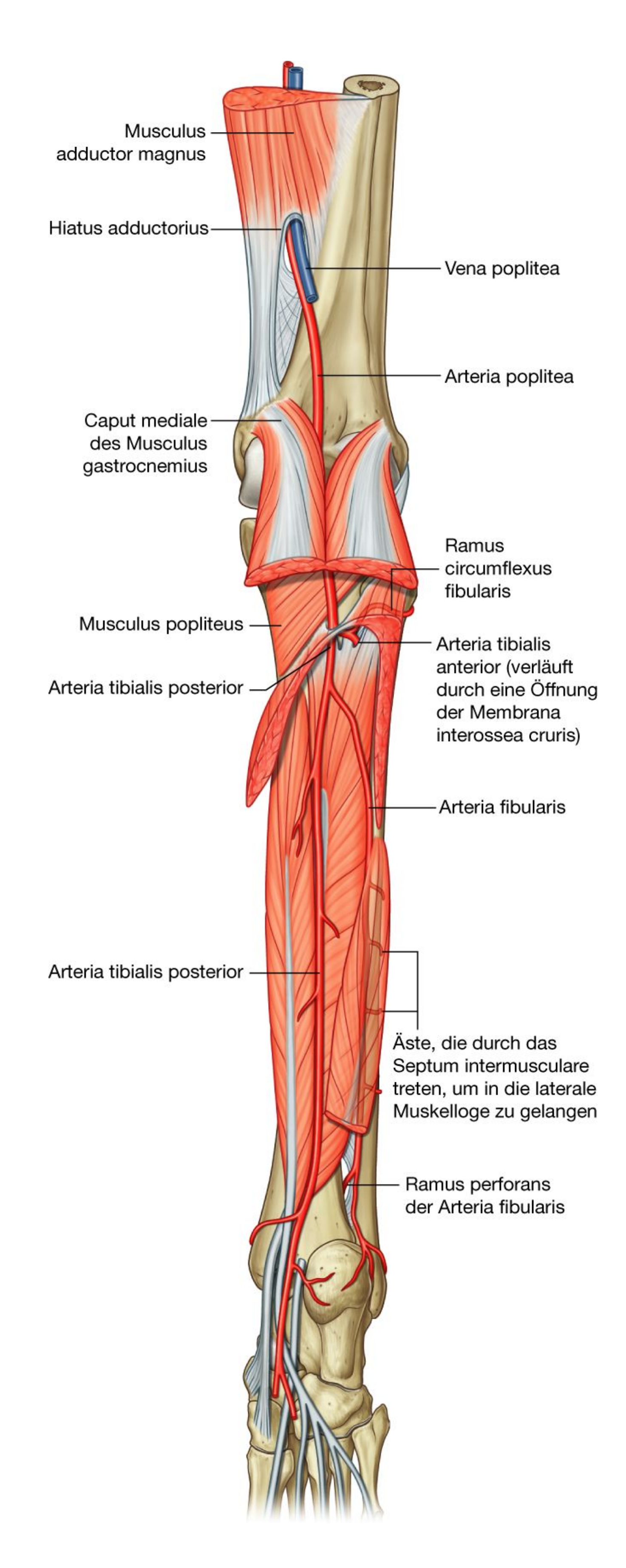
572

Abb. 6.83



Musculus popliteus und tiefe Muskelgruppe des dorsalen Unterschenkelkompartiments.

Abb. 6.84



Arterien der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels.

digitorum longus. Sie zieht hinter dem Malleolus medialis durch den Tarsaltunnel zur Fußsohle.

Am Unterschenkel versorgt die Arteria tibialis posterior die umliegenden Muskeln und Knochen und hat zwei Hauptäste, den Ramus circumflexus fibularis und die Arteria fibularis:

- Der **Ramus circumflexus fibularis** läuft nach lateral durch den Musculus soleus und um das Collum fibulae, um dann mit dem Rete articulare genus (Gefäßnetzwerk des Kniegelenks) in Verbindung zu treten (Abb. 6.84, Abb. 6.76).
- Die **Arteria fibularis** verläuft parallel zur Arteria tibialis, aber an der lateralen Seite der dorsalen Muskelloge nahe der Crista medialis der Facies posterior der Fibula, die die Ansätze der Musculi tibialis posterior und flexor hallucis longus voneinander trennt.

Die Arteria fibularis versorgt die umliegende Muskulatur und den Knochen des dorsalen Kompartiments und gibt außerdemÄste ab, die nach lateral durch das Septum intermusculare ziehen und die Peronealmuskulatur in der lateralen Muskelloge versorgen.

Ein **Ramus perforans**, der distal von der Arteria fibularis abgeht, verläuft durch die untereÖffnung der Membrana interossea cruris nach ventral und anastomosiert dort mit einem Ast der Arteria tibialis anterior.

Die Arteria fibularis verläuft dorsal hinter der Articulatio tibiofibularis und endet im Gefäßnetzwerk über dem lateralen Calcaneus (Rete calcaneum).

Venen

Die tiefen Venen der dorsalen Muskelloge verlaufen zusammen mit den Arterien. Normalerweise wird jede Arterie von zwei Venen begleitet.

Nerven

Nervus tibialis

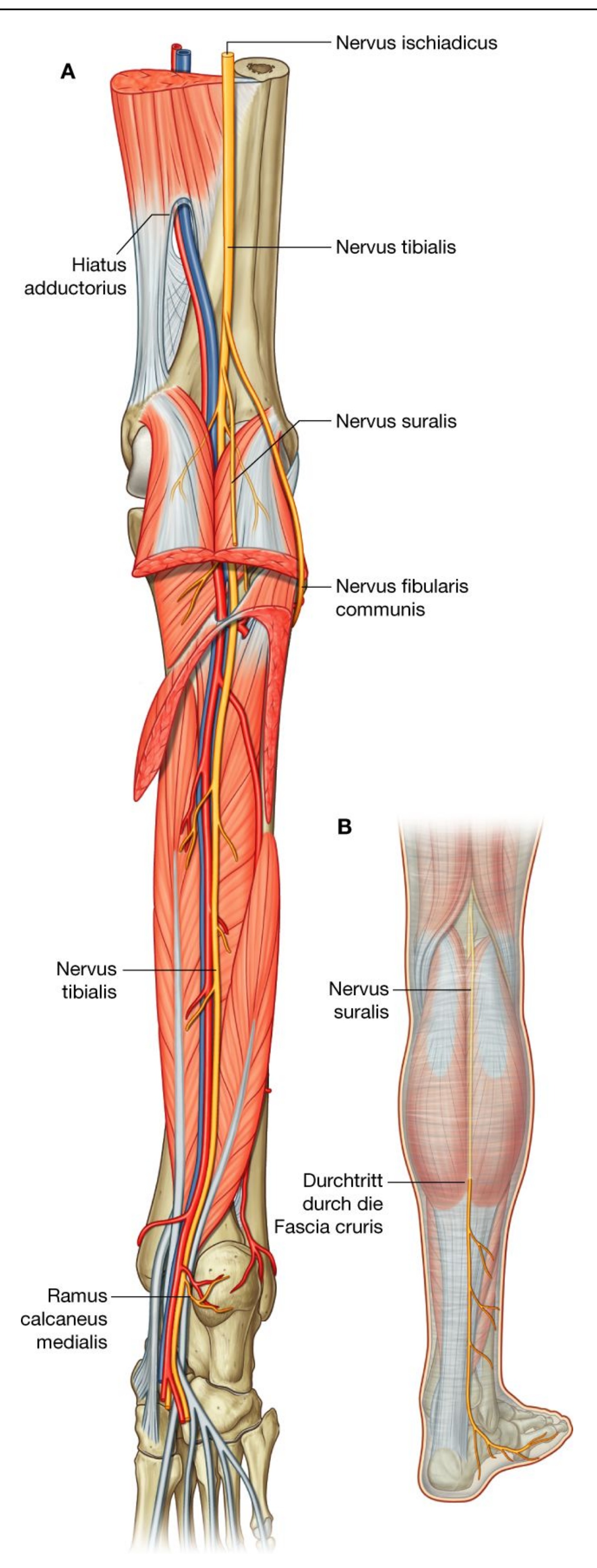
Der Nerv der dorsalen Muskelloge des Unterschenkels ist der Nervus tibialis (Abb. 6.85), ein Hauptast des Nervus ischiadicus, der von der Fossa poplitea in das dorsale Kompartiment eintritt.

Der Nervus tibialis verläuft unter dem Arcus tendineus musculi solei zwischen Tibia- und Fibulakopf und tritt dann in die Tiefe der Loge. Hier verläuft er gemeinsam mit den Vasa tibialia posteriora auf der Oberfläche des Musculus tibialis anterior vertikal nach kaudal.

Der Nervus tibialis posterior (oder seine Endäste Nervi plantares medialis und lateralis) verlässt die dorsale Muskelloge am medialen oberen Sprunggelenk durch den medialen

Tarsaltunnel und tritt in den Fuß, um mit seinen Endästen den Großteil der intrinsischen Muskeln und die Haut zu innervieren.

Abb. 6.85


A
Nervus ischiadicus
Hiatus adductorius
Nervus tibialis
Nervus suralis
Nervus fibularis communis
Nervus tibialis
Ramus calcaneus medialis
B
Nervus suralis
Durchtritt durch die Fascia cruris

Nervus tibialis. **A**. Ansicht von dorsal. **B**. Nervus suralis.

574
575

Am Unterschenkel gibt er ab:

- Äste, die alle Muskeln der dorsalen Muskelloge innervieren
- zwei Hautäste: den Nervus suralis und den Ramus calcaneus medialis.

DieÄste des Nervus tibialis zur Innervation der oberflächlichen Muskelgruppe der dorsalen Loge und des Musculus popliteus gehen kranial zwischen den beiden Köpfen des Musculus gastrocnemius in der Fossa poplitea ab (Abb. 6.85). DieÄste innervieren die Musculi gastrocnemius, plantaris und soleus und treten in der Tiefe in den Musculus popliteus ein.

DieÄste zur Innervation der tiefen Schicht der dorsalen Muskelloge entspringen unterhalb des Musculus soleus im oberen Anteil des Unterschenkels vom Nervus tibialis. Sie innervieren die Musculi tibialis posterior, flexor hallucis longus und flexor digitorum longus.

Nervus suralis

Der Nervus suralis entspringt kranial am Unterschenkel zwischen den beiden Köpfen des Musculus gastrocnemius (Abb. 6.85). Er verläuft oberhalb des Musculus gastrocnemius und tritt in der Mitte des Unterschenkels durch die Fascia cruris. Er zieht am Unterschenkel hinab, um den Malleolus lateralis und gelangt zur lateralen Fußseite.

Der Nervus suralis innerviert die Haut an der posterolateralen Oberfläche des Unterschenkels und an der lateralen Seite von Fuß und kleiner Zehe.

Ramus calcaneus medialis

Der Ramus calcaneus medialis besteht häufig aus mehrerenÄsten und geht in der Nähe des medialen Anteils des oberen Sprunggelenks aus dem Nervus tibialis ab. Er läuft zur medialen Seite der Ferse.

Der Ramus calcaneus medialis innerviert die Haut der medialen Fersenseite und die Fußsohle (Abb. 6.85).

Laterale Muskelloge des Unterschenkels

Muskulatur

In der lateralen Muskelloge des Unterschenkels liegen zwei Muskeln, der Musculus fibularis longus und der Musculus fibularis brevis (Abb. 6.86 und Tab. 6.8). Beide bewirken eine Eversion des Fußes (Drehung der Fußsohle nach außen) und werden vom Nervus fibularis superficialis, einem Ast des Nervus fibularis communis, innerviert.

Musculus fibularis longus

Der **Musculus fibularis longus** entspringt im lateralen Kompartiment des Unterschenkels. Seine lange Sehne verläuft um den Malleolus lateralis unter den Fuß, um an den Knochen im Bereich der medialen Fußsohle zu inserieren (Abb. 6.86). Der Musculus fibularis longus entspringt vom Caput fibulae und vom oberen Anteil der Facies lateralis fibulae.

Der Nervus fibularis communis zieht ventral um das Collum fibulae zwischen den Ursprungsstellen des Musculus fibularis longus an Fibulaköpfchen und Fibulaschaft.

Der Musculus fibularis longus verläuft weiter distalwärts und bildet eine Sehne, die nacheinander

- in einem schmalen Sulcus malleolaris (Sulcus tendinum musculorum fibularium) nach dorsal um den Malleolus lateralis zieht
- nach vorn entlang der lateralen Seite des Fußes verläuft
- schräg den Fuß hinab um die Trochlea fibularis des Calcaneus zieht
- in eine tiefe Rinne auf der Unterfläche des Os cuboideum (Sulcus tendinis musculi fibularis longi) eintritt
- schräg unter dem Fuß zur medialen Seite der Fußsohle (Basis des Os metatarsi I und distales Ende des Os cuneiforme mediale) verläuft, um hier anzusetzen.

Der Musculus fibularis longus evertiert und plantarflektiert den Fuß. Außerdem unterstützt er gemeinsam mit den Musculi tibiales anterior und posterior, die ebenfalls an der Unterseite der medialen Fußwurzelknochen ansetzen, die Querverspannung

Tab. 6.8 Muskeln der lateralen Muskelloge des Unterschenkels (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus fibularis longus	Caput fibulae, oberer Anteil der Facies lateralis fibulae	Unterflächen der Basis des Os metatarsi I und des distalen Endes des Os cuneiforme mediale	Nervus fibularis superficialis (**L5, S1**, S2)	Plantarflexion und Eversion des Fußes, Verspannung der Querwölbung des Fußes
Musculus fibularis brevis	Untere zwei Drittel der Facies lateralis fibulae	Tuberositas ossis metatarsi V	Nervus fibularis superficialis (**L5, S1**, S2)	Eversion des Fußes

575

576

des Fußgewölbes (Querwölbung). Der Musculus fibularis longus wird vom Nervus fibularis superficialis innerviert.

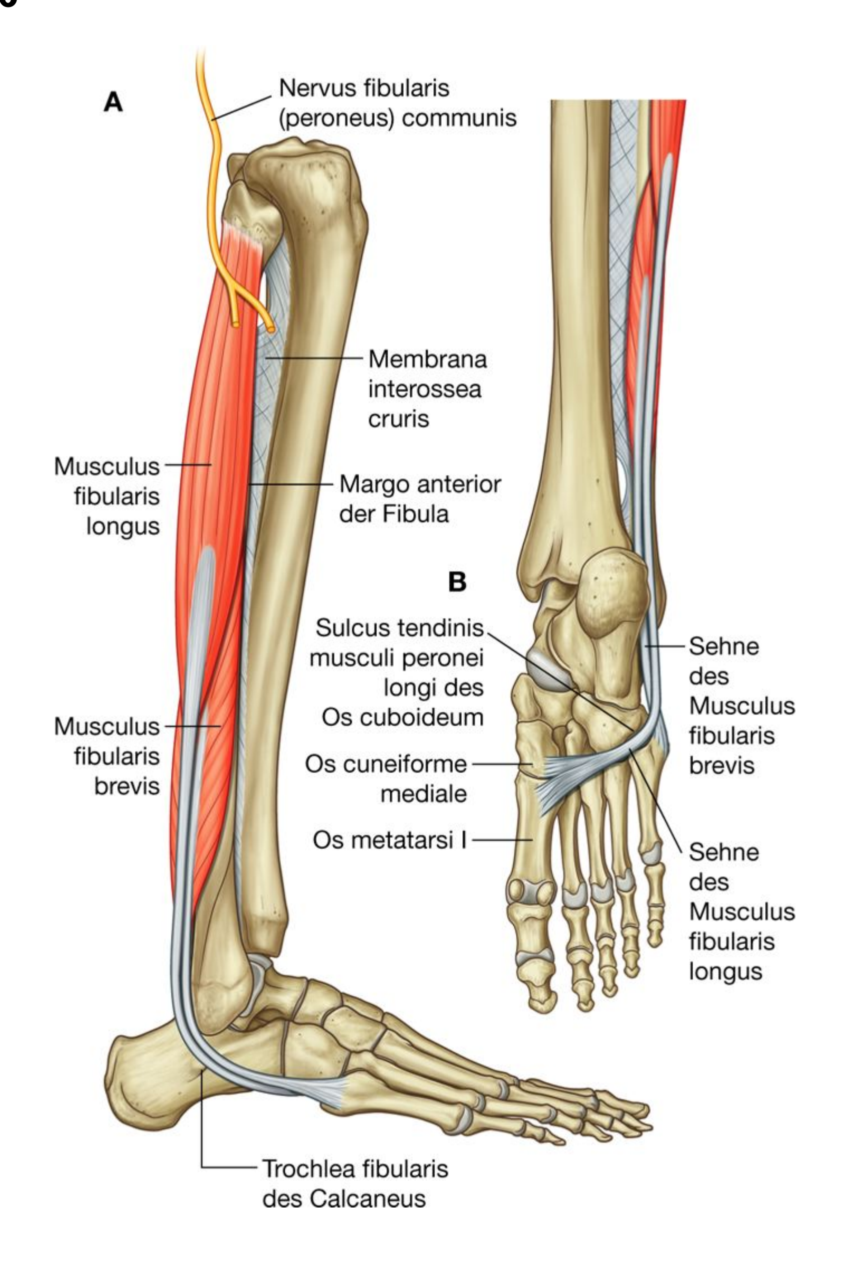
Musculus fibularis brevis

Der Musculus fibularis brevis liegt am Unterschenkel unterhalb des Musculus fibularis longus und entspringt von den unteren zwei Dritteln der Facies lateralis fibulae (Abb. 6.86).

Die Sehne des Musculus fibularis brevis zieht gemeinsam mit der Sehne des Musculus fibularis longus um den Malleoluslateralis, läuft auf der lateralen Oberfläche des Calcaneus nach ventral und setzt an der Tuberositas ossis metatarsi V an der lateralen Basis des 5. Mittelfußknochens an.

Der Musculus fibularis brevis unterstützt die Eversion des Fußes und wird vom Nervus fibularis superficialis innerviert.

Abb. 6.86



Muskulatur der lateralen Muskelloge des Unterschenkels. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von kaudal auf den linken Fuß in Plantarflexion.

Arterien

In der lateralen Muskelloge des Unterschenkels verläuft keine Hauptarterie. Die Blutversorgung erfolgt ausÄsten, die vorwiegend aus der Arteria fibularis der dorsalen Muskelloge stammen (Abb. 6.87).

Venen

Die tiefen Venen verlaufen grundsätzlich zusammen mit den Arterien.

Nerven

Nervus fibularis superficialis

Der Nerv der lateralen Muskelloge des Unterschenkels ist der **Nervus fibularis superficialis**. Er geht als einer der beiden Hauptäste aus dem Nervus fibularis communis hervor, der aus der Fossa poplitea in die laterale Muskelloge übertritt (Abb. 6.87B).

Der Nervus fibularis communis entspringt in der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels oder der Fossa poplitea aus dem Nervus ischiadicus (Abb. 6.87A) und läuft am medialen Rand der Sehne des Musculus biceps femoris über das Caput laterale des Musculus gastrocnemius zur Fibula. Hier entspringen zwei Hautäste, die in den Unterschenkel ziehen:

- der **Ramus communicans fibularis**, der zum Nervus suralis des Nervus tibialis läuft und zur Innervation der Haut an der unteren posterolateralen Seite des Unterschenkels beiträgt
- der **Nervus cutaneus surae lateralis**, der die Haut über dem oberen lateralen Unterschenkel versorgt.

Der Nervus fibularis communis verläuft weiter um das Collum fibulae und tritt in die laterale Muskelloge, indem er zwischen den Ursprüngen des Musculus fibularis longus am Caput fibulae und am Fibulaschaft hindurchzieht. Hier teilt er sich in seine beiden Endäste:

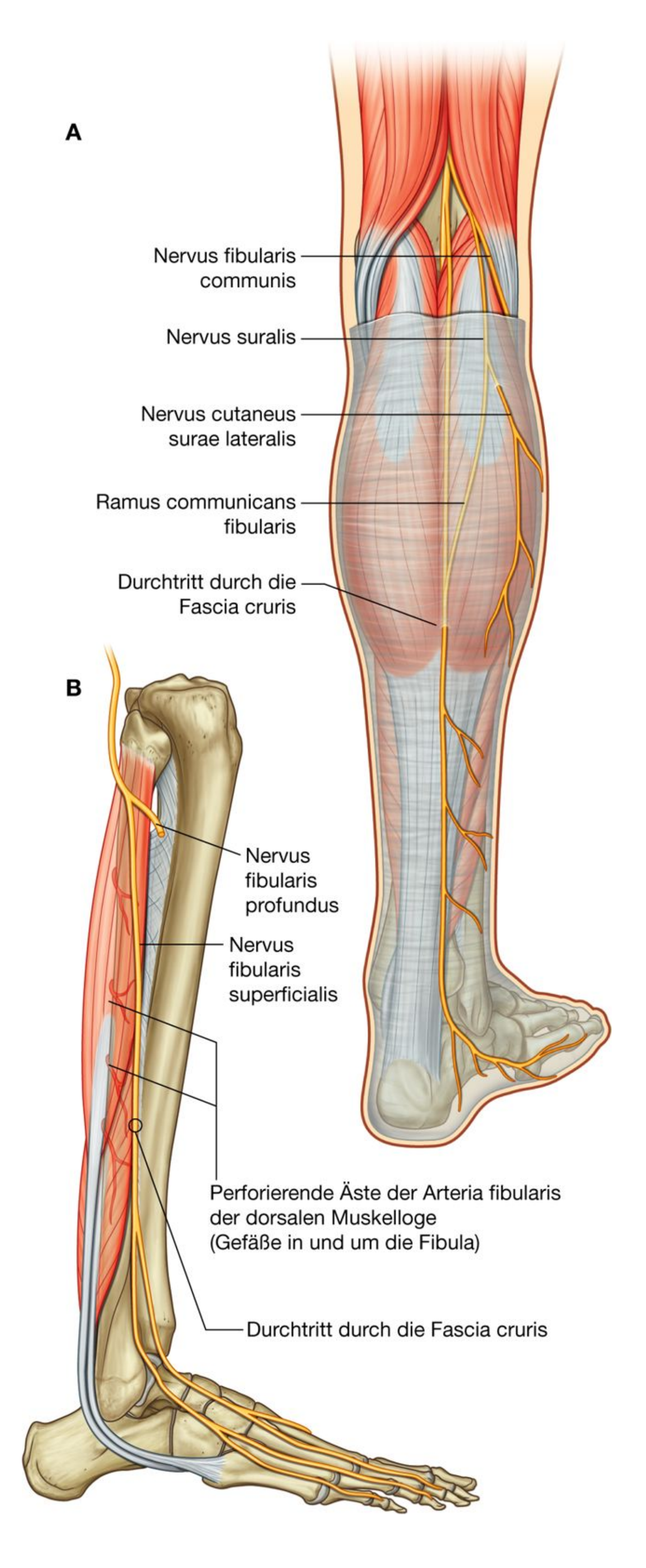
- Nervus fibularis superficialis
- Nervus fibularis profundus

Der Nervus fibularis superficialis verläuft in der lateralen Muskelloge des Unterschenkels unterhalb des Musculus fibularis longus und innerviert die Musculi fibulares longus und brevis (Abb. 6.87B). Am distalen Unterschenkel tritt er durch die Fascia cruris und gelangt zum Fuß. Hier teilt er sich in die Nervi cutanei dorsales medialis und intermedius, die die dorsale Fläche von Fuß und Zehen innervieren, mit folgenden Ausnahmen:

- Die Interdigitalfalte zwischen Großzehe und 2. Zehe wird vom Nervus fibularis profundus innerviert.

- Die laterale Seite der Kleinzehe wird vom Nervus suralis innerviert.

Abb. 6.87



Nervus fibularis communis sowie Nerven und Arterien der lateralen Muskelloge des Unterschenkels. **A**. Ansicht von dorsal, rechtes Bein. **B**. Ansicht von lateral, rechtes Bein.

Der Nervus fibularis profundus verläuft nach anteromedial durch das Septum intermusculare in die ventrale Muskelloge des Unterschenkels. Hier innerviert er die Musculi extensor digitorum longus, hallucis longus und tibialis anterior. Am Fußrücken innerviert er motorisch die Musculi extensor digitorum brevis und hallucis brevis.

Ventrale Muskelloge des Unterschenkels

Muskulatur

In der ventralen Muskelloge des Unterschenkels befinden sich drei oder vier Muskeln: die Musculi tibialis anterior, extensor hallucis longus, extensor digitorum longus sowie gelegentlich der Musculus fibularis tertius (Abb. 6.88 und Tab. 6.9). Gemeinsam bewirken die Muskeln eine Dorsalextension des Fußes im Sprunggelenk, eine Extension der Zehen und eine Inversion des Fußes. Sie werden jeweils durch den Nervus fibularis profundus innerviert, einen Hauptast des Nervus fibularis communis.

Musculus tibialis anterior

Der Musculus tibialis anterior liegt am weitesten ventral und medial in der ventralen Unterschenkelloge (Abb. 6.88). Er entspringt von den oberen zwei Dritteln der Facies lateralis des Tibiaschafts und der angrenzenden Membrana interossea cruris. Außerdem entspringt er von der tiefen Unterschenkelfaszie.

Die Muskelfasern des Musculus tibialis anterior verbinden sich im unteren Drittel des Unterschenkels und bilden eine Ansatzsehne, die zur medialen Seite des Fußes zieht und dort an der medialen und unteren Fläche des Os cuneiforme mediale und der Basis des Os metatarsi V ansetzt.

Der Musculus tibialis anterior bewirkt eine Dorsalextension des Fußes im Sprunggelenk und eine Inversion des Fußes. Beim Gehen verhindert der Muskel ein Absinken des medialen Fußrandes.

Der Musculus tibialis anterior wird vom Nervus fibularis profundus innerviert.

Musculus extensor hallucis longus

Der Musculus extensor hallucis longus liegt neben dem Musculus tibialis anterior (Abb. 6.88), der ihn überlappt. Er entspringt von der mittleren Hälfte der Facies medialis der Tibia und der angrenzenden Membrana interossea cruris.

Die Sehne des Musculus extensor hallucis longus liegt in der unteren Hälfte des Unterschenkels zwischen den Sehnen der Musculi tibialis anterior und extensor digitorum longus und tritt dann in den Fuß über. Sie verläuft am medialen Fußrücken nach ventral bis zur Basis der Phalanx distalis.

Der Musculus extensor hallucis longus bewirkt eine Dorsalextension der Großzehe. Da er auch über das Sprung gelenk verläuft, unterstützt er die Dorsalextension im Sprunggelenk. 577

578 Wie alle Muskeln der ventralen Muskelloge wird der Musculus extensor hallucis longus vom Nervus fibularis profundus innerviert.

Tab. 6.9 Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterschenkels (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus tibialis anterior	Facies lateralis des Tibia schafts und an-grenzende Membrana interossea cruris	Mediale und untere Fläche des Os cuneiforme mediale und Basis des Os metatarsi V	Nervus fibularis profundus (**L4**, L5)	Dorsalextension des Fußes im Sprunggelenk, Inversion des Fußes, Verhinderung des Absinkens des medialen Fußrandes
Musculus extensor hallucis longus	Mittlere Hälfte der Facies medialis der Tibia, Membrana interossea cruris	Dorsale Basis der Phalanx distalis der Großzehe	Nervus fibularis profundus (L5, S1)	Extension der Großzehe und Dorsalextension des Fußes im Sprunggelenk
Musculus extensor digitorum longus	Margo anterior und Caput fibulae, Condylus lateralis tibiae	Via Dorsalaponeurose an der Oberfläche der Basen der Mittel- und Endphalangen der Zehen II – V	Nervus fibularis profundus (L5, S1)	Dorsalextension der Zehen II – V und Dor salextension des Fußes im Sprunggelenk
Musculus fibularis tertius	Facies medialis fibulae	Dorsomediale Oberfläche der Basis des Os metatarsi V	Nervus fibularis profundus (L5, S1)	Dorsalextension des Fußes im Sprunggelenk und Eversion des Fußes

Musculus extensor digitorum longus

Der Musculus extensor digitorum longus liegt am weitesten dorsal und lateral im ventralen Kompartiment des Unterschenkels (Abb. 6.88). Er entspringt vom Margo anterior der Fibula und vom Caput fibulae, lateral und oberhalb des Ursprungs des Musculus extensor hallucis longus und am Unterrand des Condylus lateralis tibiae. Außerdem entspringt er wie der Musculus tibialis anterior von der Fascia cruris.

Der Musculus extensor digitorum longus erstreckt sich nach kaudal und bildet eine Sehne, die auf den Fußrücken zieht und sich dort in vier Einzelsehnen teilt, die über die Dorsalaponeurose an der Oberfläche der Basen der Mittel und Endphalangen der Zehen II - V ansetzen.

Der Musculus extensor digitorum longus dorsalextendiert die Zehen und bewirkt eine Dorsalextension im Sprunggelenk. Er wird vom Nervus fibularis profundus innerviert.

Musculus fibularis tertius

Der **Musculus fibularis tertius** ist eine Abspaltung des Musculus extensor digitorum longus (Abb. 6.88). Er entspringt von der Facies medialis fibulae direkt unterhalb des Ursprungs des Musculus extensor digitorum longus. Normalerweise sind beide Muskeln miteinander verbunden und werden als Musculus extensor digitorum longus bezeichnet. Besteht keine klare Verbindung, bezeichnet man den Muskelanteil als Musculus fibularis tertius.

Die Sehne des Musculus fibularis tertius tritt zusammen mit der Sehne des Musculus extensor digitorum longus zum Fuß über, verläuft dann aber nach lateral und inseriert auf der dorsomedialen Oberfläche der Basis des Os metatarsi V.

Der Musculus fibularis tertius unterstützt die Dorsal-extension und Eversion des Fußes und wird durch den Nervus fibularis profundus innerviert.

Arterien

Arteria tibialis anterior

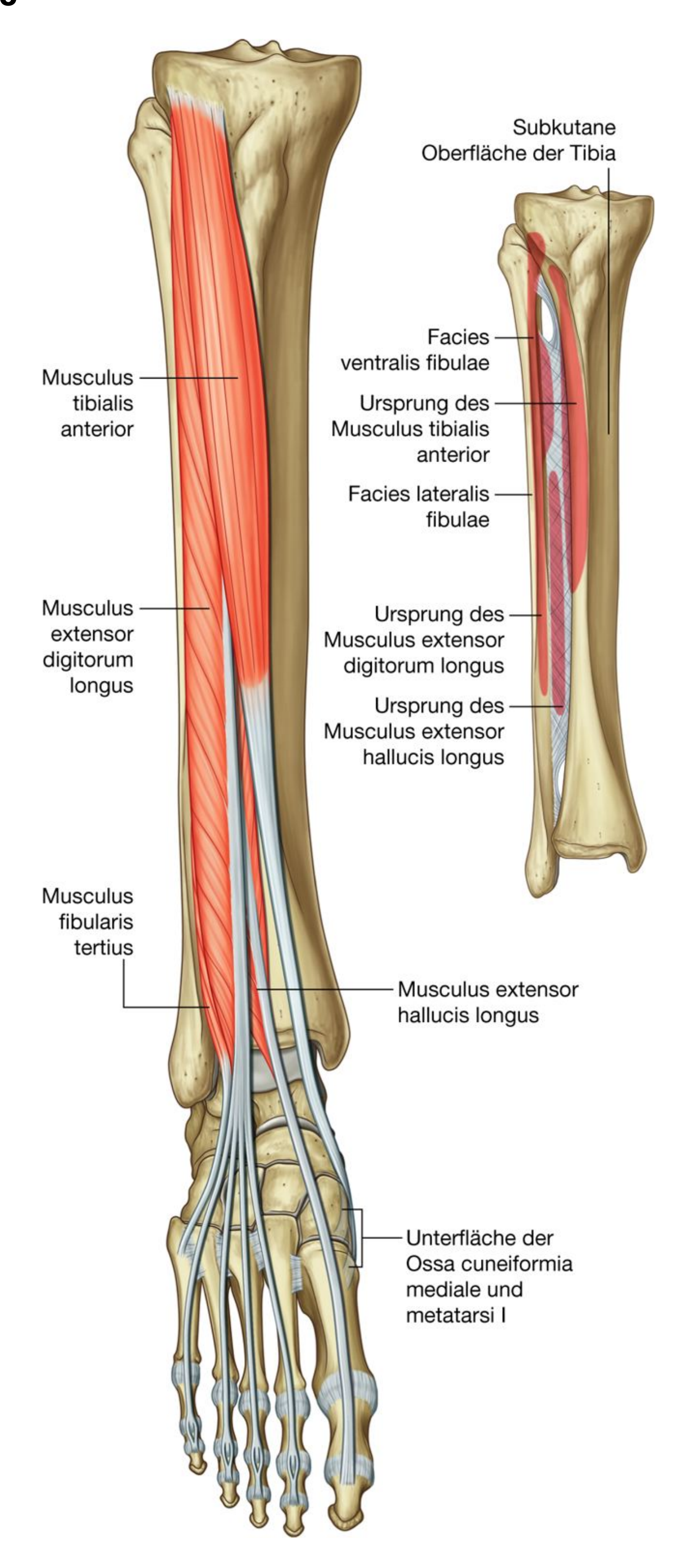
Die Arterie, die mit der ventralen Muskelloge des Unterschenkels assoziiert ist, ist die **Arteria tibialis anterior**, die in der dorsalen Muskelloge aus der Arteria poplitea entspringt und durch eine öffnung in der Membrana interossea cruris in das ventrale Kompartiment gelangt.

Die Arteria tibialis anterior verläuft auf der Membrana interossea cruris in der ventralen Muskelloge kaudalwärts (Abb. 6.89). Am distalen Unterschenkel liegt sie zwischen den Sehnen des Musculus tibialis anterior und des Musculus extensor hallucis longus. Sie verlässt den Unterschenkel, indem sie nach ventral zur distalen Tibia und zum Sprunggelenk zieht und als Arteria dorsalis pedis auf den Fußrücken tritt.

Am proximalen Unterschenkel gibt die Arterie eine Arteria recurrens tibialis anterior ab, die sich mit dem Gefäßnetzwerk des Kniegelenks verbindet.

578

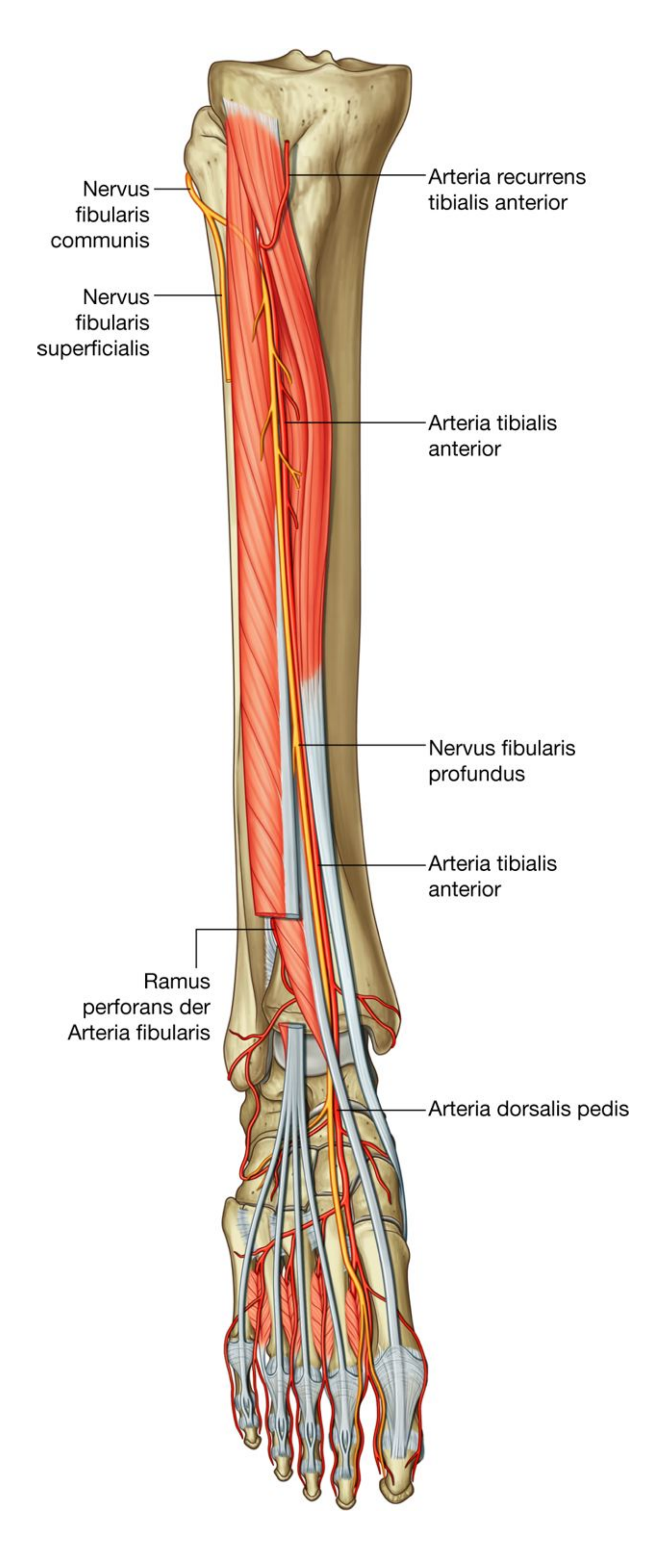
Abb. 6.88



Muskeln der ventralen Unterschenkelloge.

In ihrem Verlauf versorgt die Arteria tibialis anterior die angrenzende Muskulatur und erhält Zufluss aus dem Ramus perforans der Arteria fibularis, der aus der dorsalen Muskelloge durch die Membrana interossea cruris tritt.

Abb. 6.89



Arteria tibialis anterior und Nervus fibularis profundus.

Distal gibt die Arteria tibialis anterior eine **Arteria malleolaris anterior medialis** und eine **Arteria malleolaris anterior lateralis** ab, die um die distalen Enden von Tibia und Fibula nach dorsal gelangen und sich mit Gefäßen der Arteria tibialis posterior und Arteria fibularis zu einem Gefäßnetzwerk um das Sprunggelenk verbinden.

579

580

Venen

Die tiefen Venen verlaufen zusammen mit den Arterien und haben entsprechende Namen.

Nerven

Nervus fibularis profundus

Der Nerv der ventralen Muskelloge des Unterschenkels ist der **Nervus fibularis profundus** (Abb. 6.89). Er entspringt in der lateralen Muskelloge als einer der beiden Haupttäste des Nervus fibularis communis.

Der Nervus fibularis profundus läuft ventromedial durch das Septum intermusculare, das die laterale von der ventralen Muskelloge trennt, und tritt unter den Musculus extensor digitorum longus. Er gelangt auf die Membrana interossea cruris und verläuft auf dieser zusammen mit der Arteria tibialis anterior nach kaudal.

Der Nervus fibularis profundus

- innerviert alle Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterschenkels (Musculus tibialis anterior, Musculus extensor hallucis longus, Musculus extensor digitorum longus und, sofern vorhanden, Musculus fibularis tertius)
- läuft weiter auf den Fußrücken. Hier innerviert er den Musculus extensor digitorum brevis, trägt zur Innervation der ersten beiden Musculi interossei dorsales und der Haut zwischen 1. und 2. Zehe bei.

FUSS

Der Fuß ist die Region der unteren Extremität distal des oberen Sprunggelenks (Articulatio talocruralis). Hier ist er in die Malleolengabel eingebettet. Die „Unterschenkel-Fuß-(Calcaneus-)Achse liegt normalerweise auf einer vertikalen Linie und schneidet die Verbindungslinie der Malleolen (lateral tiefer als medial) in der Mitte. *Beim Pes valgus (Knickfuß) weicht die Cacaneusachse von der Unterschenkelachse nach lateral ab (mehr als 6°). Dabei ist die Malleolenstellung zueinander verstärkt. Beim Pes varus (Klumpfuß) ist der Rückfuß gegen den Unterschenkel nach medial abgewinkelt. Die Verbindungslinie der Malleolen ist hier horizontal ausgerichtet.*

Der Fuß ist in drei Abschnitte gegliedert:

- proximal: die sieben **Fußwurzelknochen (Ossa tarsi)** – Talus (Sprungbein), Calcaneus (Fersenbein), Os cuboideum (Würfelbein), Os naviculare (Kahnbein), Ossa cuneiformia mediale, intermedium und laterale (Keilbeine)
- Mitte: die fünf **Mittelfußknochen (Ossa metatarsi)** – Ossa metatarsi I – V
- distal: die fünf **Zehen (Digiti** I – V) aus jeweils drei **Phanlangen** (Phalanx proximalis, Phalanx medialis, Phalanx distalis (Abb. 6.90). Eine Ausnahme bildet die Großzehe, die nur eine Phalanx proximalis und eine Phalanx distalis besitzt.

Funktionell teilt man den Fuß in einen Rückfuß (oberes Sprunggelenk bis Lisfranc-Gelenklinie – Grenze zwischen Fußwurzelknochen und Mittelfußknochen) und einen Vorfuß (Basen der Mittelfußknochen bis zu den Spitzen der Phalanges distales).

Als weitere Unterteilung gibt es zwei Gelenklinien:

- Chopart-Gelenklinie (Articulatio tarsi transversa). Sie liegt zwischen Talus und Calcaneus auf der einen Seite sowie Os naviculare und Os cuboideum auf der anderen. Die Tuberositas ossis navicularis gibt die Lage an. Die Gelenklinie ist transversal S-förmig gekrümmt.
- Lisfranc-Gelenklinie. Sie trennt den Vorfuß vom Rückfuß und liegt zwischen Os cuboideum und Ossa cuneiformia auf der einen Seite sowie Ossa metatarsi auf der anderen. Die Tuberositas ossis metatarsalis V gibt die Lage an. Durch das in den Rückfuß vorspringende Köpfchen des Os metatarsi II ist die Linie zickzackförmig.

Chopart- und Lisfranc-Gelenklinien sind Amputationslinien.

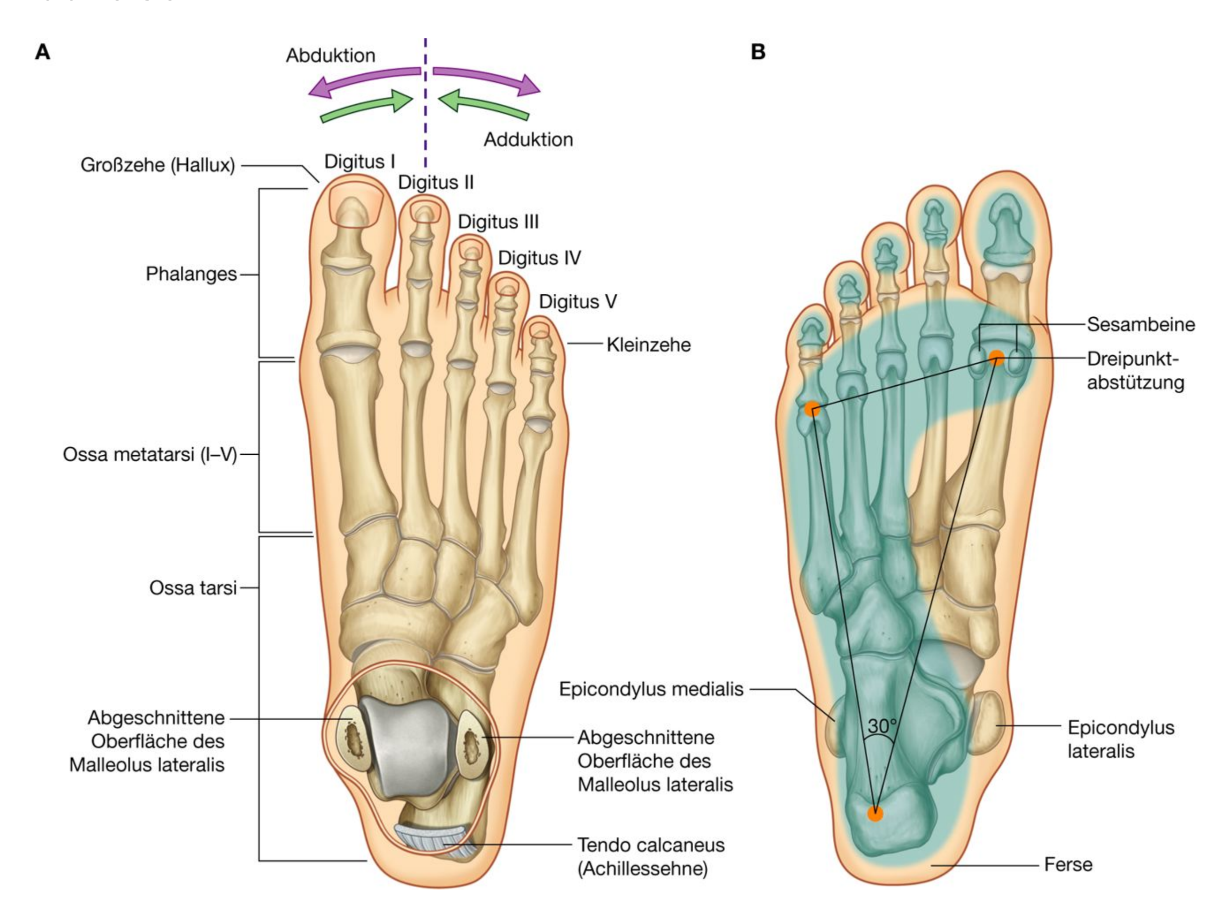
Schließlich wird der Fuß noch in einen lateralen Fußstrahl (bestehend aus Calcaneus, Os cuboideum, Ossa metatarsi IV und V sowie Digiti IV und V) und einen medialen Fußstrahl (bestehend aus Talus, Os naviculare, Ossa cuneiformia, Ossa metatarsi I – III und Digiti I – III) unterteilt. Proximal überlagern sich lateraler und medialer Fußstrahl (Talus auf Calcaneus). Dies hat Bedeutung für die Längs- und Querwölbung des Fußes.

Man unterscheidet zwei Hauptregionen am Fuß, einen Fußrücken **(Dorsum pedis)** und eine Fußsohle **(Planta pedis;**Abb. 6.90).

Ab- und Adduktion der Zehen werden als Bewegung in Relation zu einer Achse definiert, die durch die 2. Zehe verläuft. Anders als an der Hand, an der der Daumen im 90°-Winkel zu den anderen Fingern steht, ist die große Zehe in der gleichen Ebene wie die anderen Zehen ausgerichtet. Über den Fuß nimmt der Körper Kontakt zum Boden auf. Der Fuß bietet dabei eine stabile Position für den aufrechten Stand. Die Standfestigkeit und damit die Belastung der Fußsohle ist bei einem Öffnungswinkel von 30° optimal. Der Winkel bezieht sich auf die Dreipunktabstützung des Fußes und wird vom Calcaneus sowie von den Köpfchen der Ossa metatarsi I und V gebildet. Die Kräfteübertragung erfolgt dabei von der Ferse auf die Großzehe über die Kleinzehe. Der Körper wird dadurch beim Gehen nach vorn gehebelt. Bei der Zweipunktabstützung (Calcaneus und Caput ossis metatarsi I) ist die Stabilität nicht so hoch.

580

Abb. 6.90



Fuß. **A**. Ansicht von dorsal, rechter Fuß. **B**. Ansicht von plantar, rechter Fuß, zeigt die Kontaktfläche mit dem Boden beim Stand.

Knochen

Ossa tarsi

Die Fußwurzelknochen sind in einer proximalen und einer distalen Reihe angeordnet, mit einem einzelnen Zwischenknochen, der medial liegt (Abb. 6.91A).

Proximale Gruppe

Die proximale Gruppe der Fußwurzelknochen besteht aus zwei großen Knochen, dem Talus (Sprungbein) und dem Calcaneus (Fersenbein):

- Der **Talus** befindet sich im Fuß am weitesten kranial und sitzt dem Calcaneus auf (Abb. 6.91B). Er artikuliert in der Articulatio talocruralis mit Tibia und Fibula und trägt so zur Bildung des oberen Sprunggelenks bei. Ventral artikuliert er medial mit dem Os naviculare und kaudal mit dem Calcaneus in der Articulatio talocalcaneonavicularis.

- Der **Calcaneus** ist der größte Fußwurzelknochen. Er bildet dorsal das knöcherne Gerüst für die Ferse; ventral artikuliert er an der lateralen Fußseite mit dem Os cuboideum in der Articulatio calcaneocuboidea.

Talus

Von der Seite betrachtet ist der Talus schneckenförmig (Abb. 6.92A und Abb. 6.92B). Er hat einen nach ventral zeigenden runden Kopf **(Caput tali)**, der am Ende eines kurzen, breiten Halses (Collum tali) mit dem **Corpus tali** verbunden ist.

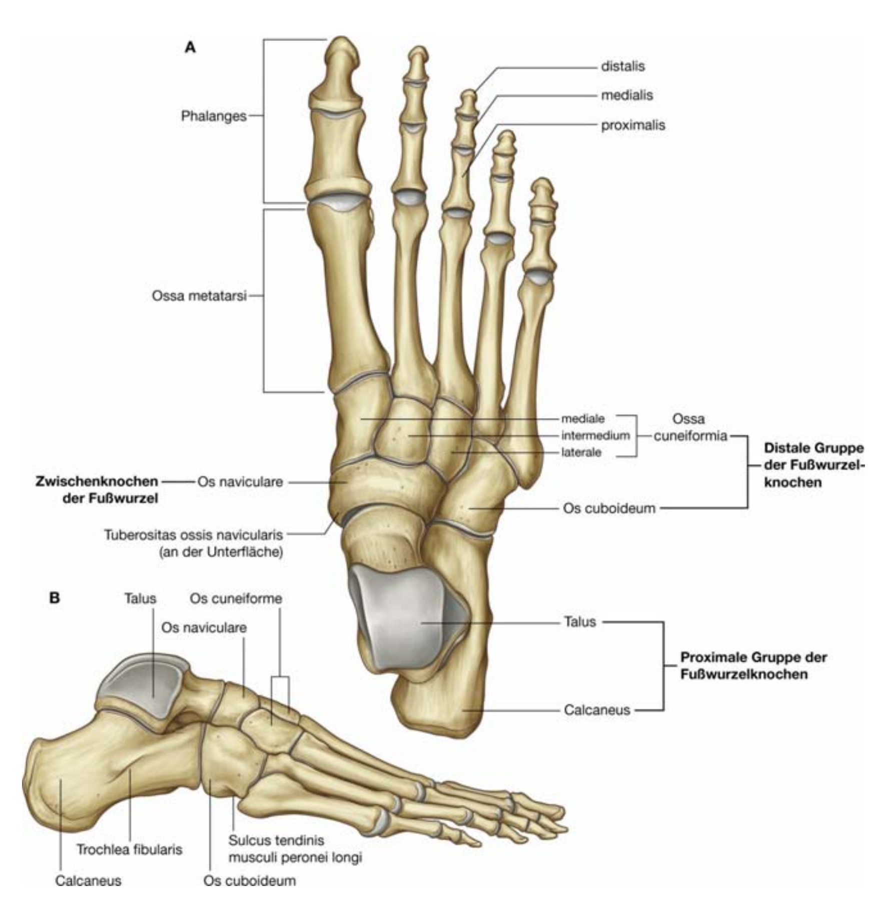
Ventral ist das Caput gewölbt, um mit der korrespondierenden runden Senke des Os naviculare zu artikulieren. Kaudal geht die gewölbte Gelenkfläche in drei zusätzliche Gelenkflächen über, die durch glatte Kämme voneinander getrennt sind (Abb. 6.92B):

- Die ventrale und mittlere Facette dienen der Artikulation mit den anliegenden Oberflächen des Calcaneus.
- Die dritte Facette, die medial von den beiden anderen liegt, artikuliert mit dem Ligamentum calcaneonaviculare plantare (Pfannenband), das den Calcaneus unterhalb des Talus mit dem Os naviculare verbindet.

581

582

Abb. 6.91



Knochen des Fußes. **A**. Ansicht von dorsal, rechter Fuß. **B**. Ansicht von lateral, rechter Fuß.

Das Collum tali ist durch eine tiefe Rinne gekennzeichnet **(Sulcus tali)**, die schräg nach ventral über die Unterfläche des Talus verläuft und sich an der lateralen Seite stark erweitert.

Die Oberseite des Corpus tali (**Trochlea tali**) ist erhaben, um sich in die Gelenkpfanne (Malleolengabel), die durch die distalen Enden von Tibia und Fibula gebildet wird, einzupassen und das Sprunggelenk zu bilden:

- Die Facies superior der Trochlea tali artikuliert mit dem unteren Ende der Tibia.
- Die Facies malleolaris medialis artikuliert mit dem Malleolus medialis der Tibia.
- Die Facies malleolaris lateralis artikuliert mit dem Malleolus lateralis der Fibula.

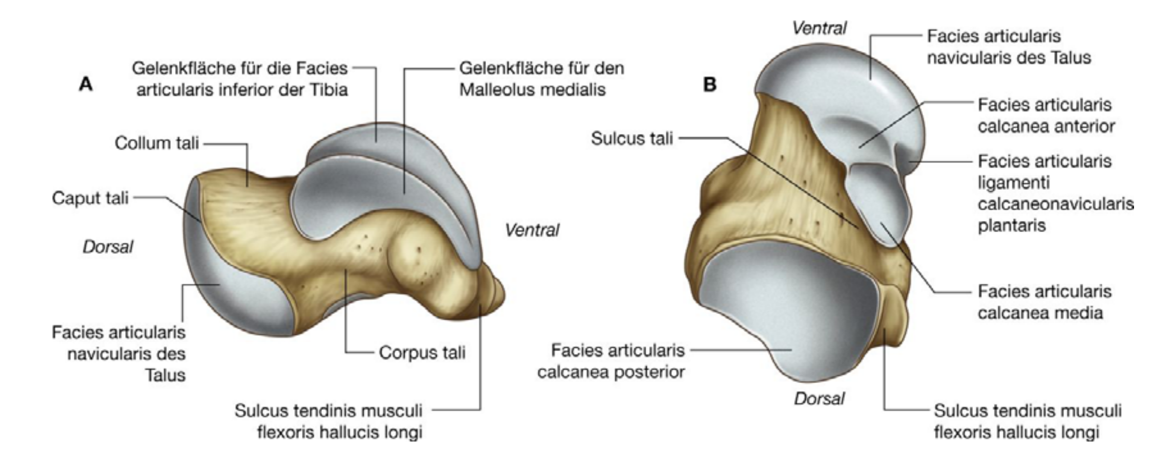
Da der Malleolus lateralis größer ist und weiter distalwärts reicht als der Malleolus medialis, ist die korrespondierende laterale Gelenkfläche des Talus ebenfalls größer und reicht weiter nach distal.

Der untere Teil der Facies lateralis des Talus, der den unteren Teil der Gelenkfläche für die Fibula unterstützt, bildet einen knöchernen Vorsprung **(Processus lateralis)**.

582

583

Abb. 6.92



Talus. **A**. Ansicht von medial. **B**. Ansicht von lateral.

Die Unterfläche des Corpus tali trägt eine große ovale konkave Gelenkfacette **(Facies articularis calcanea posterior)** zur Artikulation mit dem Calcaneus.

Die dorsale Fläche des Talus besteht aus einem nach dorsomedial gerichteten **Processus posterior**. Der Processus posterior trägt auf seiner Oberfläche ein Tuberculum laterale und ein Tuberculum mediale, zwischen denen der **Sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi** liegt.

Calcaneus

Der Calcaneus liegt unterhalb des Talus und stützt diesen. Er ist ein länglicher, unregelmäßig geformter, kastenförmiger Knochen, dessen Längsachse etwa in der Mitte des Fußes verläuft, ventral aber nach lateral abweicht (Abb. 6.93).

Der Calcaneus projiziert sich hinter das Sprunggelenk und bildet die knöcherne Grundlage der Ferse. Die hintere Oberfläche der Ferse ist rund und wird in einen oberen, einen mittleren und einen unteren Abschnitt geteilt. Die Achillessehne (Tendo calcaneus) setzt am unteren Anteil an:

- Der obere Teil ist durch eine Bursa von der Achillessehne getrennt.
- Der untere Anteil verläuft nach ventral, ist von subkutanem Bindegewebe bedeckt, ist der gewichttragende Anteil der Ferse und geht in das **Tuber calcanei** auf der plantaren Knochenoberfläche über.

Das Tuber calcanei besitzt medial einen großen Fortsatz (Sustentaculum tali) und lateral einen kleinen Fortsatz (Trochlea fibularis), die durch eine V-förmige Inzisur getrennt sind (Abb. 6.93B). Am ventralen Ende der plantaren Oberfläche befinden sich die **Processus lateralis und medialis tuberis calcanei**, die als dorsale Anheftungsstellen des Ligamentum plantare longum dienen.

Die laterale Oberfläche des Calcaneus ist bis auf zwei kleine Erhebungen glatt (Abb. 6.93C). Eine ist die **Trochlea fibularis**, die ventral der Mitte liegt und häufig zwei kleine Furchen aufweist, die oberhalb und unterhalb der Trochlea schräg über die Oberfläche verlaufen. Die Sehnen der Musculi fibulares longus und brevis sind mit der Trochlea assoziiert.

Kranial und dorsal der Trochlea fibularis befindet sich eine zweite Erhebung, die als Ansatzstelle des Ligamentum calcaneofibulare, eines Teils des Ligamentum collaterale laterale des Sprunggelenks, dient.

Die Facies medialis des Calcaneus ist konkav und besitzt eine prominente Struktur am Oberrand, das **Sustentaculum tali** (Abb. 6.93A), ein knöcherne Sims, der nach medial ragt und den hinteren Anteil des Caput tali verstärkt.

Die Unterseite des Sustentaculum tali hat eine ausgeprägte Furche (Sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi), die von dorsal nach ventral zieht und in der die Sehne des Musculus flexor hallucis longus in die Fußsohle verläuft.

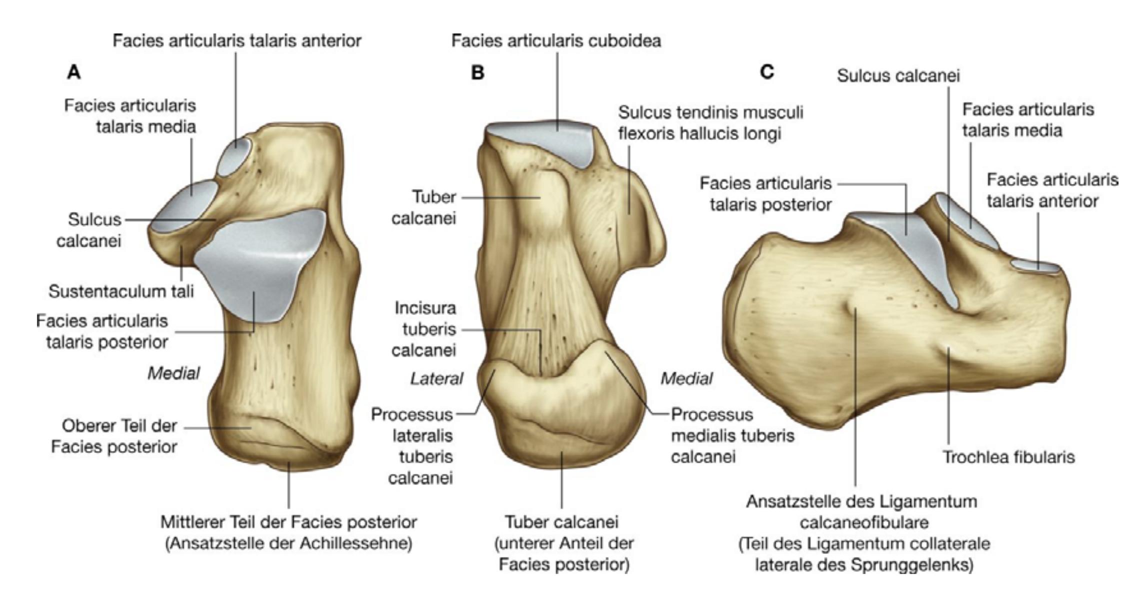
Die kraniale Oberfläche des Sustentaculum tali weist eine Gelenkfacette auf **(Facies articularis talaris media)**, die der Artikulation mit der korrespondierenden mittleren Facette des Talus dient.

Die **Facies articularis talaris anterior** und die **Facies articularis talaris posterior** befinden sich auf der Oberfläche des Calcaneus (Abb. 6.93A):

- Die Facies articularis talaris anterior ist eher klein und artikuliert mit der korrespondierenden ventralen Gelenkfläche des Caput tali.
- Die Facies articularis talaris posterior ist groß und liegt etwa in der Mitte der kranialen Oberfläche des Calcaneus.

Zwischen der Facies articularis talaris posterior, die mit dem Corpus tali artikuliert, und den anderen beiden Gelenkflächen, die mit dem Caput tali in Verbindung stehen, befindet sich eine tiefe Rinne **(Sulcus calcanei;**(Abb. 6.93A und C).

Abb. 6.93



Calcaneus. **A**. Ansicht von kranial. **B**. Ansicht von kaudal. **C**. Ansicht von lateral.

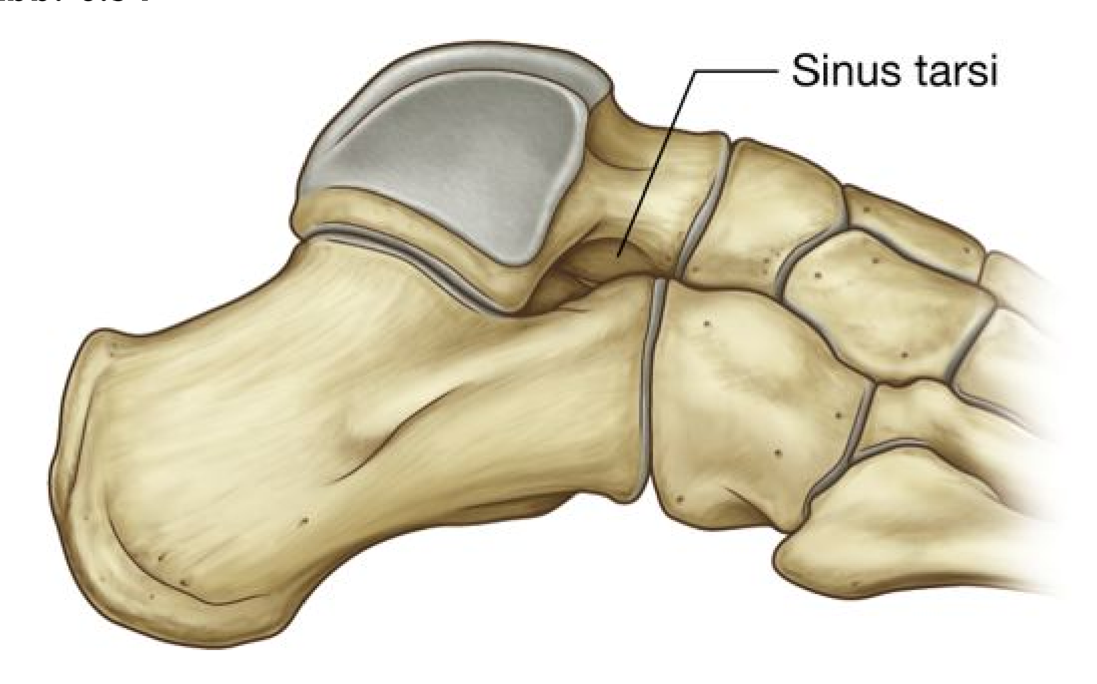
Der Sulcus calcanei auf der Oberfläche des Calcaneus und der Sulcus tali auf der Unterfläche des Talus bilden gemeinsam den **Sinus tarsi**, eine große Lücke zwischen den ventralen Abschnitten des Calcaneus und des Talus, die bei Betrachtung des Fußskeletts von lateral sichtbar ist (Abb. 6.94).

Zwischenknochen der Fußwurzel

Der Zwischenknochen der Fußwurzel ist das **Os naviculare** (Kahnbein) an der medialen Fußseite (Abb. 6.91). Es artikuliert dorsal mit dem Talus und ventral und lateral mit der distalen Gruppe der Fußwurzelknochen.

Ein charakteristisches Merkmal des Os naviculare ist die prominente abgerundete Tuberositas ossis navicularis, die als Ansatzstelle der Sehne des Musculus tibialis posterior dient. Sie liegt an der medialen Seite der plantaren Fläche des Knochens.

Abb. 6.94



Sinus tarsi. Ansicht von lateral, rechter Fuß.

Distale Gruppe der Fußwurzel-knochen

Von lateral nach medial besteht die distale Fußwurzelreihe aus (Abb. 6.91):

- dem **Os cuboideum** (Würfelbein), das dorsal mit dem Calcaneus und und ventral mit den Basen der lateralen Ossa metatarsi artikuliert. Die Sehne des Musculus fibularis longus liegt im Sulcus tendinis musculi fibularis longi auf der plantaren Fläche des Knochens und verläuft dort von lateral nach medial.
- Drei **Ossa cuneiformia** (Keilbeine), den Ossa cuneiformia **laterale, intermedium** und **mediale**, die dorsal mit dem Os naviculare artikulieren und ventral mit den Basen der drei medialen Mittelfußknochen in Verbindung stehen.

Ossa metatarsi

Der Fuß besitzt fünf Mittelfußknochen, die von medial nach lateral mit den Nummern I – V bezeichnet werden (Abb. 6.95). Das Os metatarsi I, der Mittelfußknochen der Großzehe, ist der kürzeste und kräftigste der fünf Knochen. Das Os metatarsi II ist der längste Mittelfußknochen. Seine Basis ist proximal zwischen den Ossa cuneiformia mediale und laterale eingekeilt (Abb. 6.95). *Durch Insuffizienz der Plantarmuskeln bei Überbeanspruchung (erhöhte Biegebeanspruchung bei exzentrischer Lage der Resultierenden) kann es im Basisbereich des Os metatarsi II aufgrund seiner Lage zur „Marsch- oder Ermüdungsfraktur“ kommen.*

584

585

Jedes Os metatarsi besitzt ein **Caput** am distalen Ende, ein längliches **Corpus** ossis metatarsi und proximal eine **Basis**.

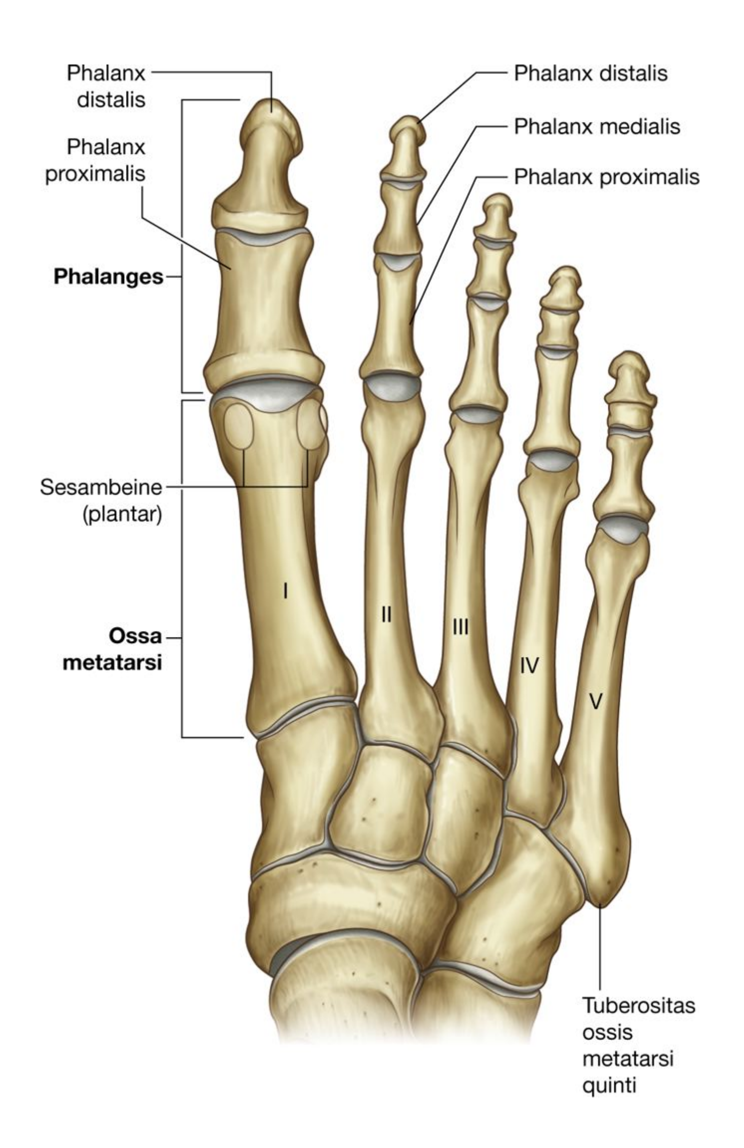
Das Caput ossis metatarsi jedes Knochens artikuliert mit der Phalanx proximalis eines Digitus. Die Basis ossis metatarsi artikuliert mit einem oder mehreren der distalen Fußwurzelknochen. Die plantare Fläche des Caput ossis metatarsi I artikuliert außerdem mit zwei Sesambeinen.

Die Seiten der Basen der Ossa metatarsi II – V artikulieren ebenfalls miteinander. Die laterale Seite der Basis ossis metatarsi V trägt eine prominente **Tuberositas ossis metatarsi quinti** (V), die nach dorsal weist und Anheftungsstelle der Sehne des Musculus fibularis brevis ist.

Phalangen

Die Phalangen sind die Knochen der Zehen (Abb. 6.95). Das knöcherne Grundgerüst einer jeden Zehe (Digitus) besteht aus drei Phalangen **(Phalanges proximalis, medialis** und **distalis)**. Eine Ausnahme bildet die Großzehe (Hallux), die nur zwei Phalangen besitzt (Phalanges proximalis und distalis).

Abb. 6.95



Ossa metatarsi und Phalangen. Ansicht von dorsal.

Jede Phalanx besteht aus einer **Basis**, einem **Corpus** und einem **Caput:**

- Die Basis jeder proximalen Phalanx artikuliert mit dem Caput des angrenzenden Mittelfußknochens.
- Das Caput jeder Phalanx distalis ist nicht gelenktragend und besitzt eine abgeflachte halbmondförmige Tuberositas an der plantaren Sohle am Ende der Zehe.

Die Gesamtlänge jeder Phalanx ist geringer als die Länge des dazugehörigen Mittelfußknochens.

Klinik

Talusfraktur

Der Talus ist ein untypischer Knochen, denn er besitzt nur ein Ossifikationszentrum, das initial im Collum tali liegt. Der hintere Anteil des Talus ossifiziert als letztes, normalerweise erst nach der Pubertät. Bei bis zu 50% der Menschen besteht ein kleiner akzessorischer Knochen (Os trigonum) dorsal des Tuberculum laterale des Processus posterior.

Etwa 60% der Knochenoberfläche des Talus sind von Gelenkknorpel bedeckt. Es gibt keine direkten Sehnen- oder Muskelansätze am Knochen.

Ein großes Problem bei Talusfrakturen ist die Blutversorgung des Knochens. Sie ist sehr empfindlich. Die Hauptblutversorgung erfolgt über den Tarsaltunnel und stammt aus einem Ast der Arteria tibialis. Dieses Gefäß versorgt den Großteil von Collum und Corpus tali. Äste der Arteria dorsalis pedis treten kranial in das Collum tali und versorgen den dorsalen Anteil von Caput und Collum tali. Äste der Arteria fibularis versorgen einen kleinen Anteil des lateralen Talus.

Bei Frakturen des Talushalses wird oft die Blutversorgung unterbrochen, sodass das Corpus tali und der dorsale Anteil des Knochens für Nekrosen anfällig sind, die mit Ernährungsstörungen des Gelenkknorpels einhergehen, frühzeitig zur Arthrose führen können und ausgedehnter Operationen bedürfen.

Frakturen des Mittelfußes

Frakturen im Mittelfuß sind eher ungewöhnlich. Sie treten normalerweise nach langer Belastung auf (Marsch- oder Ermüdungsfrakturen – besonders von Os metatarsi II und Calcaneus), wenn schwere Gegenstände auf den Fuß fallen oder wenn beispielsweise ein Auto über den Fuß rollt. Konventionelle Röntgenbilder reichen in der Regel aus, um Frakturen und Dislokationen zu diagnostizieren.

585

Gelenke

Oberes Sprunggelenk - (Articulatio talocruralis)

Das obere Sprunggelenk (Articulatio talocruralis) besteht aus dem Talus des Fußes sowie Tibia und Fibula des Unterschenkels (Abb. 6.96).

Das obere Sprunggelenk ist ein Scharniergelenk (Ginglymus) und ermöglicht hauptsächlich eine Dorsalextension (Heben der Fußspitze bis 30°, danach Knochenhemmung der Trochlea tali in der Malleolengabel) und Plantarflexion (Senkung der Fußspitze bis 50°) des Fußes. Bei der Plantarflexion sind auch geringe seitliche Translations- und Rotationsbewegungen möglich, da die feste knöcherne Führung des Talus in der Malleolengabel fehlt (die Facies superior trochlea tali ist hinten schmaler als vorn). Die Gelenkachse verläuft transversal.

Der Malleolus lateralis der Fibula ist mit dem Malleolus medialis der Tibia über kräftige Bänder verbunden. Zusammen bilden die beiden Knochen die Malleolengabel, die als Gelenkpfanne für den oberen Anteil des Corpus tali fungiert:

- Das Dach der Gelenkpfanne wird durch die Unterfläche der distalen Tibia gebildet (Facies articularis inferior).
- Die mediale Seite wird durch den Malleolus medialis der Tibia gebildet (Facies articularis malleoli medialis).
- Die etwas längere laterale Seite der Malleolengabel wird vom Malleolus lateralis der Fibula gebildet (Facies articularis malleoli lateralis).

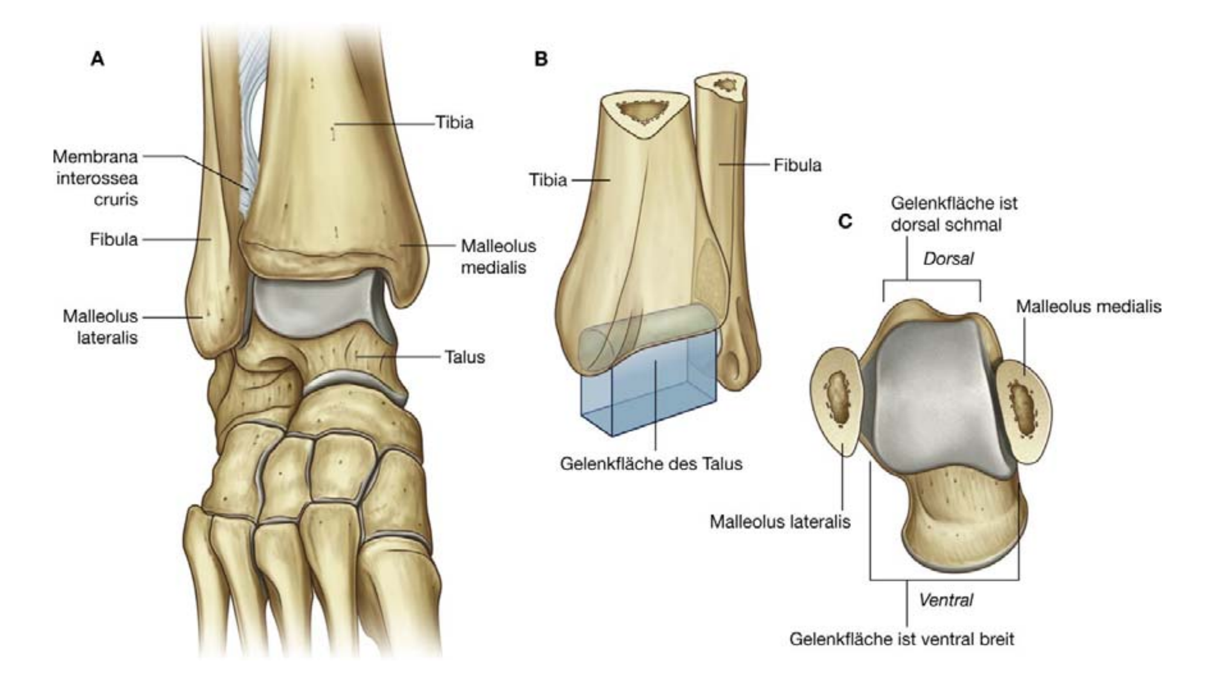
Die Gelenkflächen sind mit hyalinem Knorpel bedeckt. Die Gelenkfläche des Talus ist wie ein kurzer Halbzylinder geformt, der auf der flachen Seite liegt und mit einer Seite nach medial und mit der anderen nach lateral zeigt (Trochlea tali). Die Trochlea tali ist ebenfalls von hyalinem Gelenkknorpel überzogen und passt in die spangenförmige Malleolengabel von Tibia und Fibula.

Bei der Ansicht von kranial ist die vordere Gelenkfläche des Talus deutlich breiter als die hintere. Folglich ist die Führung des Knochens in der Malleolengabel bei der Dorsal-extension fester, da die breitere Gelenkfläche im Sprunggelenk sitzt. Das Gelenk ist dann deutlich stabiler als im Rahmen der Plantarflexion.

Die Gelenkhöhle ist von einer Membrana synovialis, die an den Rändern der Gelenkflächen ansetzt, und weiter außen von einer Membrana fibrosa, die die Membrana synovialis bedeckt und an den umgebenden Knochen ansetzt, umgeben.

Das obere Sprunggelenk wird durch ein **mediales** (Ligamentum collaterale mediale = Ligamentum deltoideum)und ein **laterales** (Ligament collaterale laterale) Band stabilisiert.

Abb. 6.96



Oberes Sprunggelenk. **A**. Ansicht von ventral mit dem Fuß in Plantarflexion. **B**. Gelenkschema. **C**. Ansicht von kranial auf den Talus, um die Form der Gelenkfläche zu demonstrieren.

586
587

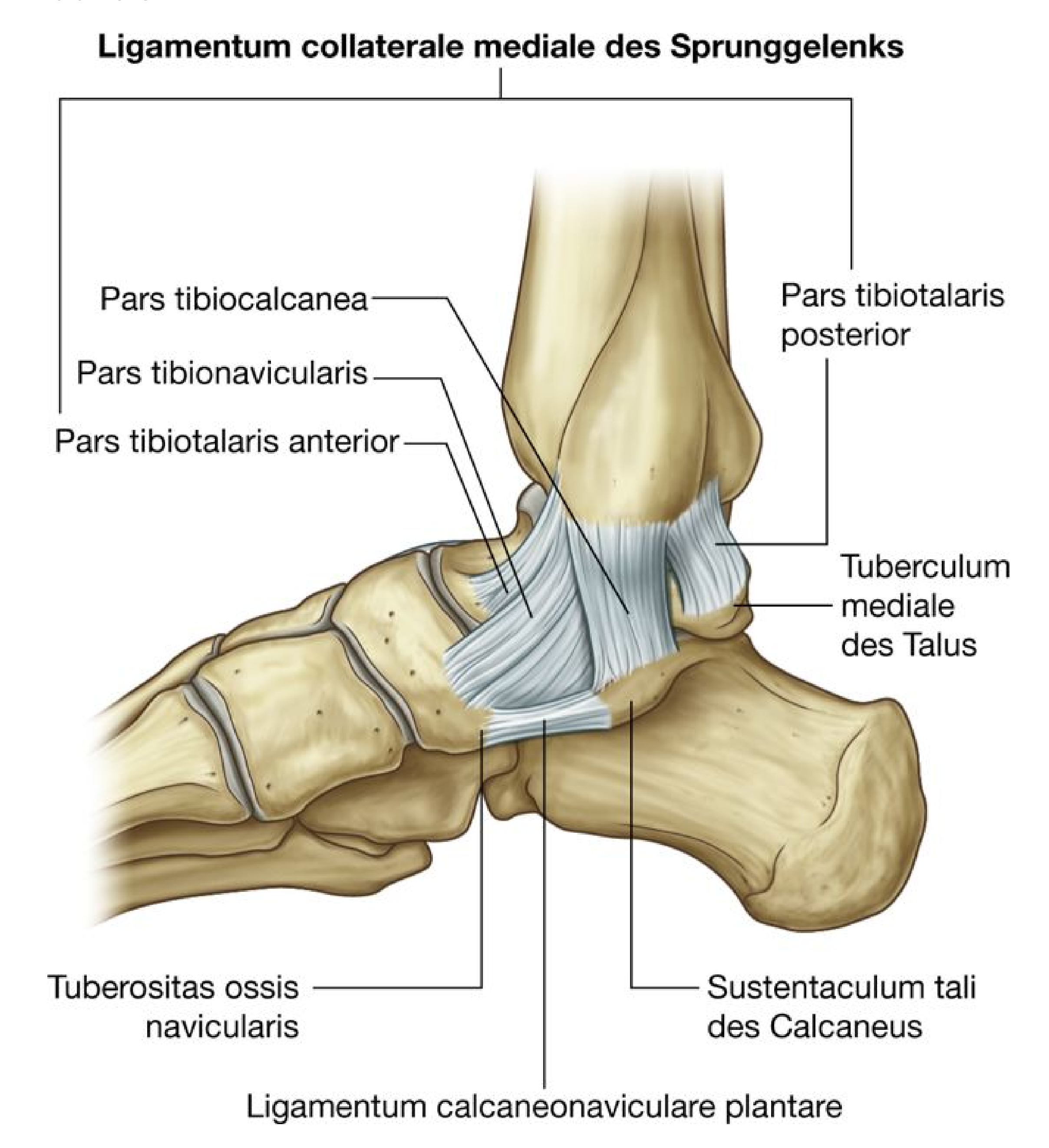
Ligamentum collaterale mediale (Ligamentum deltoideum)

Das Ligamentum collaterale mediale ist groß, kräftig (Abb. 6.97) und dreieckig. Seine Spitze setzt am Malleolus medialis an, und die breite Basis setzt unterhalb einer Linie an, die sich von der Tuberositas ossis navicularis zum Tuberculum mediale des Talus zieht.

Das Ligamentum collaterale mediale wird entsprechend seiner Anheftung in vier Abschnitte unterteilt:

- Der Abschnitt, der vorn am Tuberculum ossis navicularis und am Rand des Ligamentum calacaneonaviculare plantare (Pfannenband) ansetzt, das das Os naviculare mit dem Sustentaculum tali des Calcaneus verbindet, wird als **Pars tibionavicularis** bezeichnet.
- Die **Pars tibiocalcanea**, die weiter zentral liegt, setzt am Sustentaculum tali des Calcaneus an.
- Die **Pars tibiotalaris posterior** setzt an der medialen Seite und am Tuberculum mediale des Talus an.
- Der vierte Anteil **(Pars tibiotalaris anterior)** liegt unterhalb der Partes tibionavicularis und tibiocalcanea und setzt an der medialen Oberfläche des Talus an.

Abb. 6.97



Ligamentum collaterale mediale des oberen Sprunggelenks.

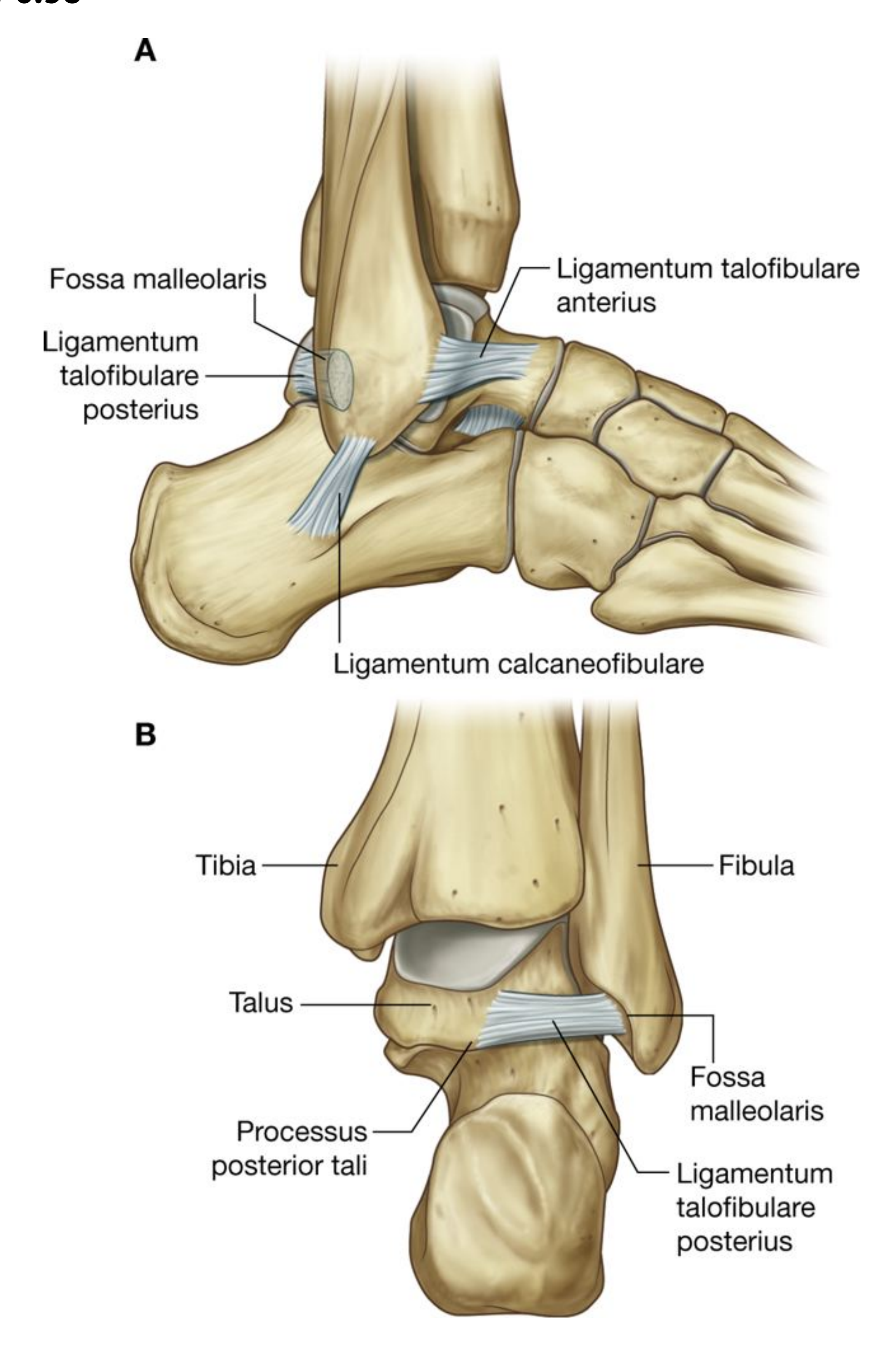
Ligamentum collaterale laterale

Das Ligamentum collaterale laterale des Sprunggelenks besteht aus drei getrennten Bändern, den Ligamenta talofibulare anterius, talofibulare posterius und calcaneofibulare (Abb. 6.98):

- Das **Ligamentum talo fibulare anterius** ist ein kurzes Band, das am ventralen Rand des Malleolus lateralis und der gegenüberliegenden Seite des Talus ansetzt.

- Das **Ligamentum talofibulare posterius** verläuft von der Fossa malleolaris horizontal nach dorsal und medial zum Processus posterior tali.
- Das **Ligamentum calcaneofibulare** setzt oberhalb der Fossa malleolaris an der dorsomedialen Seite des Malleolus lateralis an und verläuft nach dorsokaudal, um an der lateralen Oberfläche des Calcaneus anzusetzen.

Abb. 6.98



Ligamentum collaterale laterale des Sprunggelenks. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von dorsal.

Klinik

Sprunggelenkfrakturen

Zum Verständis der verschiedenen Frakturen im Sprunggelenkbereich ist eine profunde Kenntnis der Sprunggelenkanatomie erforderlich.

Das Sprunggelenk und die dazugehörigen Strukturen können als fibroossärer Ring in der Koronarebene betrachtet werden.

- Der obere Anteil des Rings umfasst das obere Sprunggelenk.
- Die Seiten des Rings werden von den Bändern gebildet, die Malleolus medialis, Malleolus lateralis und die anliegenden Fußwurzelknochen miteinander verbinden.
- Der Boden des Ringes umfasst die Articulatio subtalaris und die dazugehörigen Bänder.

Stellt man sich das Sprunggelenk und die umgebenden Strukturen als Ring vor, kann man die Art der Schädigung, die durch ein bestimmtes Trauma hervorgerufen wird, besser vorhersagen. So kann ein Supinationstrauma zur Fraktur des Malleolus medialis mit Ruptur der Bänder führen, die am Mallolus lateralis und an den Fußwurzelknochen ansetzen.

Der Ring kann durch Knochenfrakturen und Bänderschäden unterbrochen werden. Im Gegensatz zu Frakturen sind im Röntgenbild reine Bandverletzungen nicht erkennbar. Sieht man eine Knochenfraktur im Röntgenbild, müssen Bandrupturen im betroffenen Areal immer mit in Erwägung gezogen werden.

Intertarsalgelenke

Die zahlreichen Gelenke zwischen den einzelnen Fußwurzelknochen dienen vor allem der Eversion, Inversion, Supination und Pronation des Fußes.

- Unter Inversion und Eversion versteht man Drehbewegungen (Torquierungsbewegungen) der Fußsohle nach innen bzw. nach außen.
- Pronation und Supination sind Kombinationsbewegungen des gesamten Fußes, bei denen sich der Vorfuß gegen den Rückfuß nach außen bzw. innen dreht.

Pro- und Supination erlauben es dem Fuß, den Bodenkontakt zu halten, wenn er auf unebenem Untergrund steht.

Die Hauptgelenke, in denen diese Bewegungen ablaufen, sind die Articulationes subtalaris, talocalcaneonavicularis und calcaneocuboidea (Abb. 6.99). Die Articulatio talocalcaneonavicularis und die Articulatio subtalaris bilden zusammen das untere Sprunggelenk (Articulatio talotarsalis). Das Talokalkaneonavikulargelenk und das Kalkaneokuboidgelenk bilden zusammen die **Articulatio tarsi transversa** (= Chopart-Gelenk).

Intertarsalgelenke zwischen den Ossa cuneiformia (Articulationes intercuneiformes) sowie zwischen den Ossa cuneiformia und dem Os naviculare (Articulatio cuneonavicularis) erlauben nur eine geringe Beweglichkeit, da sie Amphiarthrosen sind.

Articulatio subtalaris

Die **Articulatio subtalaris** liegt zwischen

- Facies articularis calcanea posterior auf der Unterfläche des Talus
- der korrespondierenden Facies articularis talaris posterior auf der Unterfläche des Calcaneus.

Die Gelenkhöhle besitzt eine Gelenkkapsel aus Membrana synovialis und Membrana fibrosa.

Die Articulatio subtalaris ermöglicht Gleit- und Rotationsbewegungen, die an der Eversion und Inversion beteiligt sind. Ligamenta talocalcanea laterale, mediale und interosseum stabilisieren das Gelenk. Im Sinus tarsi verläuft das Ligamentum talocalcaneum interosseum (Abb. 6.100).

Articulatio talocalcaneonavicularis

Die **Articulatio talocalcaneonavicularis** ist ein komplexes Gelenk, bei dem das Caput tali mit dem Calcaneus und dem Pfannenband (Ligamentum calcaneonaviculare plantare) unten und dem Os naviculare ventral artikuliert (Abb. 6.101A).

Die Articulatio talocalcaneonavicularis ermöglicht Gleit- und Rotationsbewegungen, die gemeinsam mit den ähnlichen Bewegungen in der Articulatio subtalaris, mit der sie das untere Sprunggelenk bildet, an der Eversion und Inversion des Fußes beteiligt sind. Außerdem trägt das Gelenk zu Pro- und Supination bei.

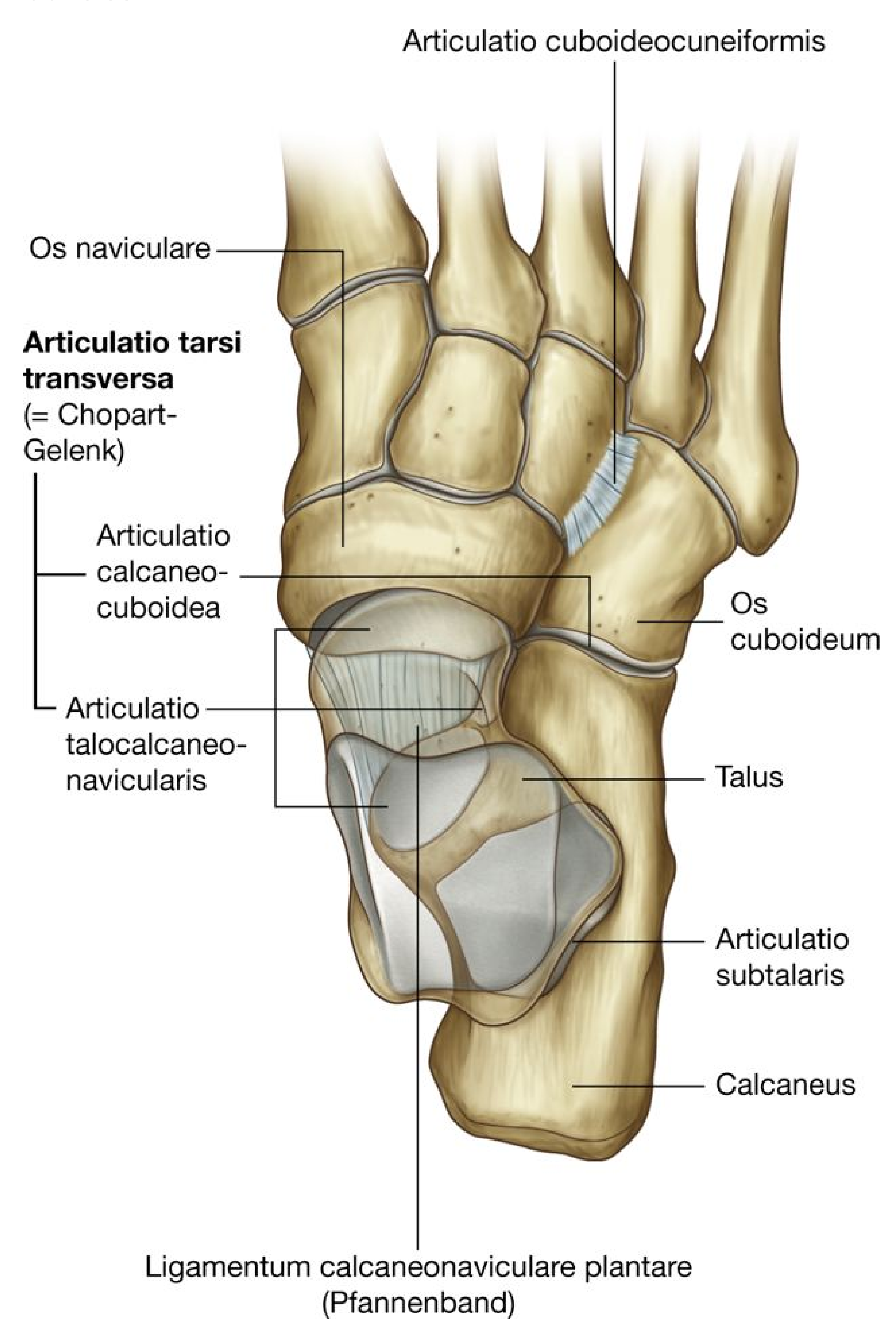
Anteile der Articulatio talocalcaneonavicularis zwischen Talus und Calcaneus sind (Abb. 6.101B):

- die Facies articulares calcaneae anterior und media auf der Unterfläche des Caput tali
- die korrespondierenden Facies articulares talares anterior und media auf der Oberfläche und dem Sustentaculum tali des Calcaneus.

Der Gelenkanteil zwischen Talus und Ligamentum calcaneonaviculare plantare befindet sich zwischen dem Pfannenbandund der Facies articularis medialis auf der Unterfläche des Caput tali.

588

Abb. 6.99



Intertarsalgelenke.

Das Gelenk zwischen Os naviculare und Talus bildet den größten Anteil des Talokalkaneonavikulargelenks und liegt zwischen dem ventralen Ende des Caput tali und der korrespondierenden konkaven Facies posterior des Os naviculare.

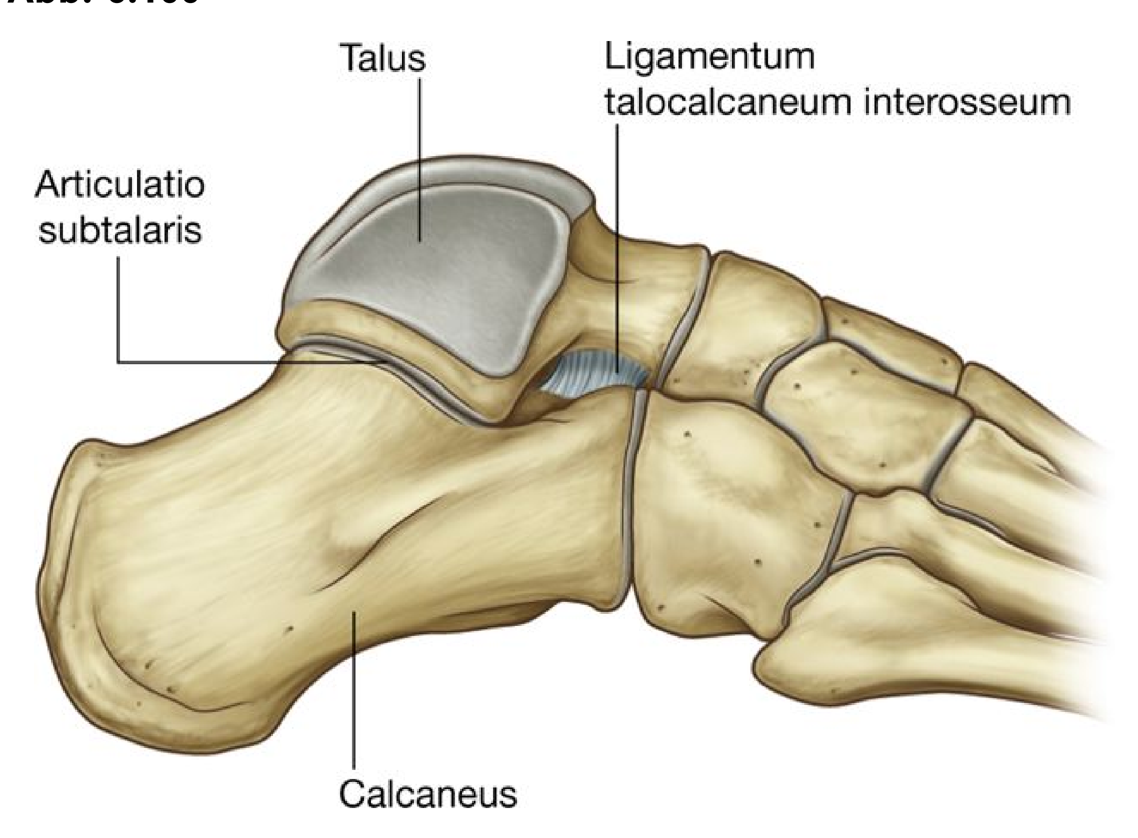
Bänder

Die Kapsel des Talokalkaneonavikulargelenks wird verstärkt durch

- das Ligamentum talocalcaneum interosseum von dorsal
- das **Ligamentum talonaviculare**, das zwischen dem Collum tali und dem Os naviculare verläuft, von dorsal
- dem Ligamentum calcaneonaviculare plantare (Pfannenband) von plantar (Abb. 6.101C und D).

Der laterale Anteil der Articulatio talocalcaneonavicularis wird durch den kalkaneonavikularen Anteil des Y-förmigen **Ligamentum bifurcatum** verstärkt. Die Basis des Ligamentum bifurcatum setzt an der ventralen Oberfläche des Calcaneus an und die Ausläufer

Abb. 6.100



Ligamentum talocalcaneum interosseum. Ansicht von lateral.

- an der dorsomedialen Oberfläche des Os cuboideum **(Ligamentum calcaneocuboideum)**

- an der dorsolateralen Oberfläche des Os naviculare **(Ligamentum calcaneonaviculare)**.

Das **Ligamentum calcaneonaviculare plantare** spannt sich als breites kräftiges Band zwischen dem Sustentaculum tali des Calcaneus und dem Os naviculare aus (Abb. 6.101C). Das Band besteht teilweise aus Faserknorpel. Da es einen Teil der Gelenkpfanne für das Caput tali bildet, wird es auch als Pfannenband bezeichnet. Außerdem trägt das Pfannenband zur Verspannung der Fußwölbung bei.

Articulatio calcaneocuboidea

Das **Kalkaneokuboidgelenk** liegt zwischen

- Facies articularis cuboidea an der ventralen Oberfläche des Calcaneus
- der korrespondierenden Facies articularis calcanea an der dorsalen Oberfläche des Os cuboideum.

Die Articulatio calcaneocuboidea ermöglicht geringe Drehbewegungen und Gleitbewegungen, die an der Eversion und Inversion des Fußes beteiligt sind.

Bänder

Die Articulatio calcaneocuboidea wird durch das Ligamentum bifurcatum, das Ligamentum plantare longum und das Ligamentum calcaneocuboideum plantare (Ligamentum plantare breve) verstärkt.

Das **Ligamentum calcaneocuboideum plantare**, das von einigen Autoren als Teil des Ligamentum plantare longum angesehen wird, ist kurz, breit und sehr kräftig. Es verbindet das Tuber calcanei anterius mit der Unterfläche des Os cuboideum (Abb. 6.102A). Es verstärkt nicht nur das Kalkaneokuboidgelenk, sondern es unterstützt auch das Ligamentum plantare plantare longum in seiner Funktion als Verspanner der Fußwölbung.

589

590

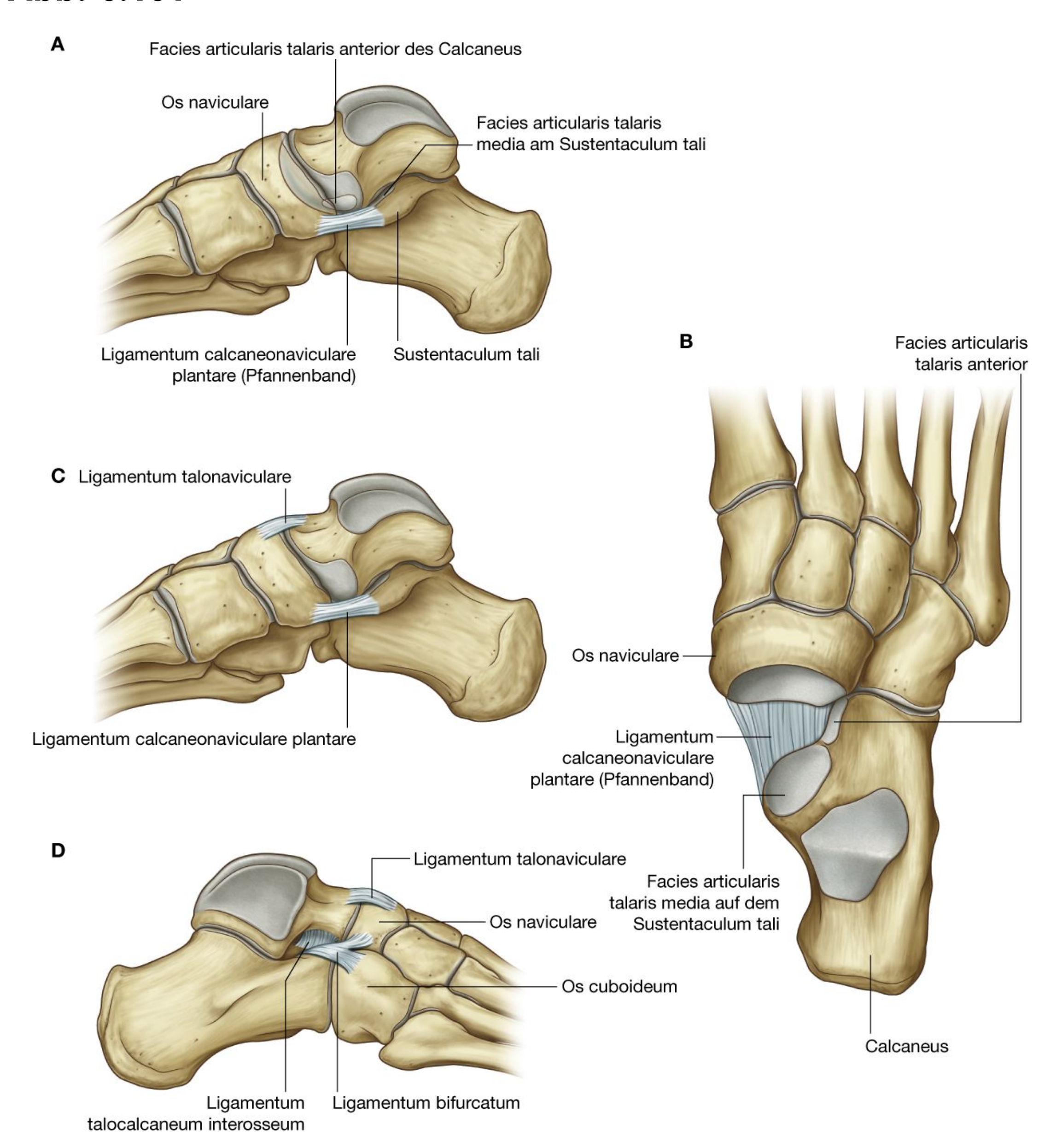
Das **Ligamentum plantare longum** ist das längste Band der Fußsohle und liegt unterhalb des Ligamentum calcaneocuboideum plantare (Abb. 6.102B):

- Dorsal setzt es zwischen dem Tuber calcanei und dem Tuberculum anterius an der Unterfläche des Calcaneus an.
- Ventral setzt es an einem breiten Kamm und an der Tuberositas ossis cuboidei an der Unterfläche des Os cuboideum hinter dem Sulcus tendinis musculi fibularis longi an.

Die oberflächlichen Fasern des Ligamentum plantare longum reichen bis zur Basis der Metatarsalknochen.

Das Ligamentum plantare longum verstärkt das Kalkaneo-kuboidgelenk und ist das stärkste Band für die passive Verspannung der Fußwölbung.

Abb. 6.101



Articulatio talocalcaneonavicularis. **A**. Ansicht von medial, rechter Fuß. **B**. Ansicht von kranial, linker Fuß, Talus entfernt. **C**. Bänder, Ansicht von medial, rechter Fuß. **D**. Bänder, Ansicht von lateral, rechter Fuß.

590

591

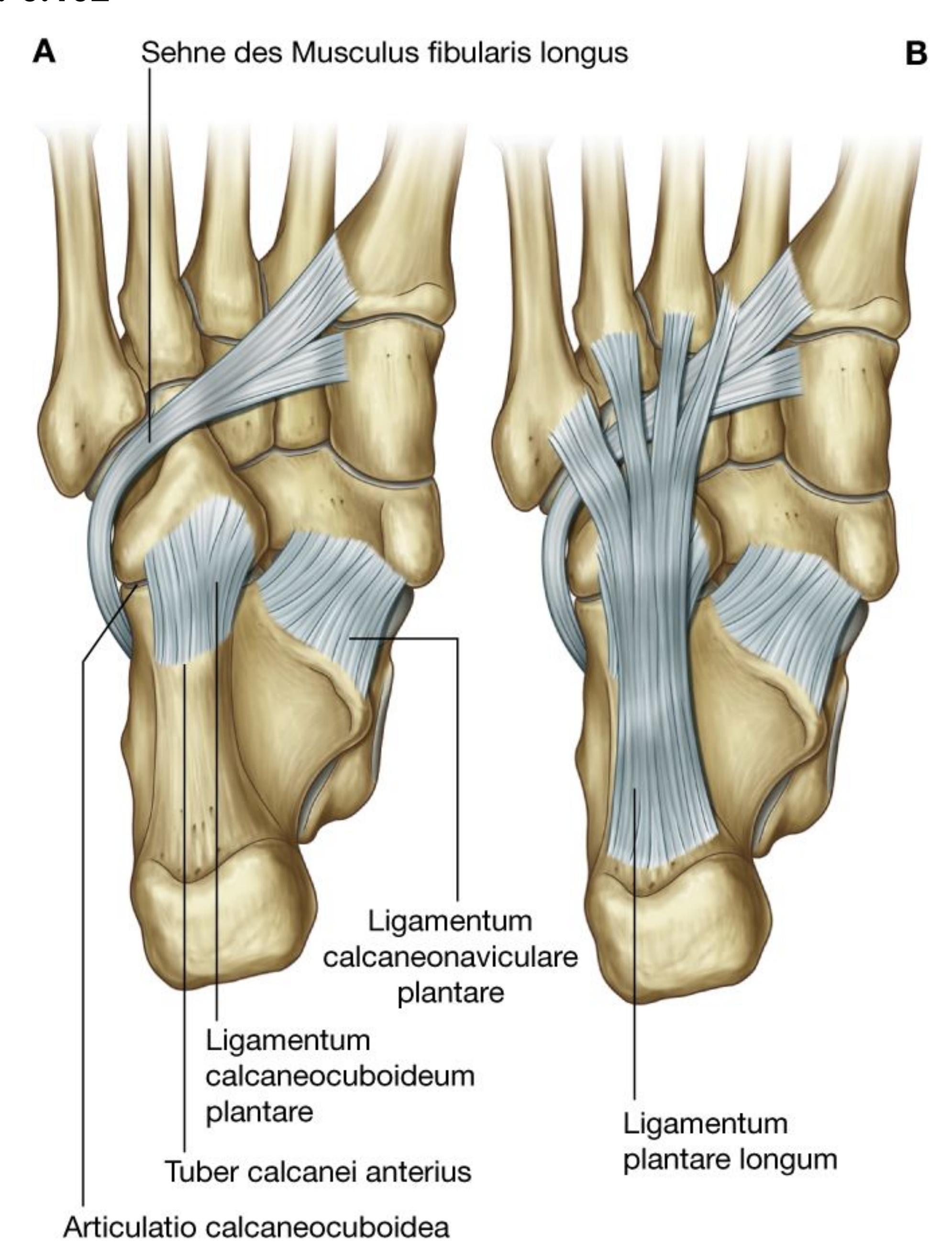
Articulationes tarsometatarsales

Die **Tarsometatarsalgelenke** zwischen den Fußwurzelknochen und den angrenzenden Mittelfußknochen sind flache Amphiarthrosen, die nur geringe Bewegungen erlauben (Abb. 6.103).

Gemeinsam werden die Articulationes tarsometatarsales auch als Lisfranc-Gelenk bezeichnet.

- Tarsometatarsalgelenk I: Es artikulieren Os cuneiforme mediale und Os metatarsi I; lateral ist das Gelenk am Os metatarsi II über das Ligamentum cuneometatarseum interosseum fixiert. Das Bewegungsausmaß der Articulatio tarsometatarsalis I zwischen Os metatarsi I und Os cuneiforme mediale ist größer als das der anderen Gelenke und erlaubt eine geringe Flexion, Extension und Rotation.
- Tarsometatarsalgelenk II: Ossa cuneiformia intermedium und laterale artikulieren mit zweitem und dritten Mittelfußknochen (Ossa metatarsi II und III).
- Tarsometatarsalgelenk III: Os cuboideum und Ossa metatarsi IV und V.

Abb. 6.102



Plantare Bänder. **A**. Ligamentum calcaneo-cuboideum plantare. **B**. Ligamentum plantare longum.

Bänder

Ligamenta tarsometatarsalia plantaria und dorsalia. Plantar zusätzlich Fixierung über Faserbündel derTendo musculi tibialis posterioris und über das Ligamentum plantare longum, die in die Gelenkkapsel einstrahlen. Das Os cuneiforme mediale und das Os metatarsi II sind durch das Ligamentum cuneometatarseum dorsale und interosseum (Lisfranc-Band) verbunden).

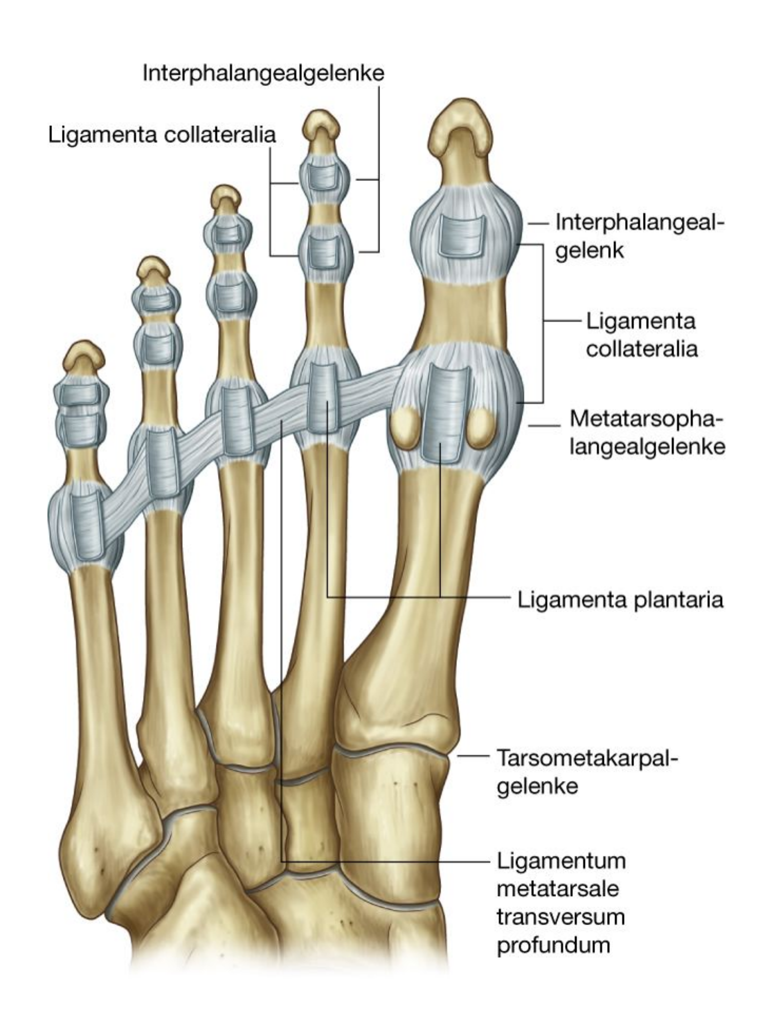
Die Tarsometatarsalgelenke sind an der Pro- und Supination des Fußes beteiligt.

Articulationes metatarso-phalangeae

Die Metatarsophalangealgelenke sind Ellipsoidgelenke zwischen den kugelförmigen Köpfen der Mittelfußknochen und den korrespondierenden Basen der proximalen Phalangen der Zehen.

Die Articulationes metatarsophalangeae erlauben eine Extension und Flexion sowie eine geringe Abduktion, Adduktion, Rotation und Zirkumduktion.

Abb. 6.103



Articulationes tarsometatarsales, meta-tarsophalangeae, interphalangeae und Ligamenta metatarsalia transversa profunda.

592

Die Gelenkkapseln werden medial und lateral durch **Kollateralbänder** und durch **Ligamenta plantaria** verstärkt, die eine Rinne für die langen Beugesehnen der Zehen besitzen (Abb. 6.103).

Ligamenta metatarsalia transversa profunda

Vier **Ligamenta metatarsalia transversa profunda** verbinden die Köpfe der Ossa metatarsi miteinander und ermöglichen den Mittelfußknochen, als gemeinsame Struktur zu funktionieren (Abb. 6.103). Die Bänder vereinigen sich mit den Ligamenta plantaria der anliegenden Metatarsophalangealgelenke.

Das Os metatarsi I liegt in der gleichen Ebene wie die anderen Metatarsalknochen und ist mit dem Os metatarsi II über ein Ligamentum metatarsale transversum profundum verbunden. Außerdem besitzt das 1. Tarsometatarsalgelenk nur ein eingeschränktes Bewegungsausmaß. Daher hat die Großzehe eine sehr eingeschränkte individuelle Funktion. Dies ist anders als beim Daumen der Hand, bei dem das Os metacarpi I im 90° Winkel zu den anderen Ossa metacarpi steht und der Daumen durch das Fehlen eines Intermetakarpalbandes zwischen Ossa metacarpi I und II eine große Bewegungsfreiheit besitzt (Oppositionsbewegung).

Articulationes interphalangeae

Die Interphalangealgelenke der Zehen sind Scharniergelenke, die vor allem Extension und Flexion erlauben. Sie werden durch **Ligamenta collateralia** und **Ligamenta plantaria** verstärkt (Abb. 6.103).

Klinik

Hallux valgus

Ein Hallux valgus tritt an der medialen Seite des

1. Metatarsophalangealgelenks auf. Dies ist eine wichtige Region des Fußes, da hier Sehnen und Bänder verlaufen, die das Körpergewicht übertragen. Es wird angenommen, dass ungewöhnlich starke Belastungen, die auf das Gelenk wirken, zu dieser Deformität führen können.

Aus klinischer Sicht versteht man unter einem Hallux valgus eine signifikante mediale Knochenvorwölbung, die die Weichgewebe am 1. Metatarsophalangealgelenk beteiligen kann. Bei fortschreitender Deformierung sieht es aus, als bewege sich die Großzehe in Richtung der anderen Zehen.

Dabei kommt es zur Krallenbildung der anderen Zehen. Ein Hallux valgus tritt besonders bei Menschen auf, die häufig hochhackige oder spitze Schuhe tragen. Aber auch Osteoporose und genetische Faktoren spielen bei der Entstehung des Hallux valgus eine Rolle.

Die Patienten stellen sich mit Schmerzen, Schwellung und Entzündungszeichen vor. Der Hallux valgus neigt dazu, zuzunehmen und Probleme bei der Auswahl passenden Schuhwerks zu verursachen.

Anfangs werden eine Polsterung der Schuhe sowie das Tragen von flachen und bequemen Schuhen empfohlen. Bei manchen Patienten ist jedoch eine operative Korrektur der Fehlstellung erforderlich.

Tarsaltunnel, Retinacula und Anordnung der Hauptstrukturen im Bereich der Malleolen

Der Tarsaltunnel liegt an der dorsomedialen Seite des Innenknöchels und wird gebildet durch

- eine Vertiefung, die durch den Malleolus medialis, die Facies medialis und die Facies posterior des Talus, die Facies medialis des Talus und die Unterfläche des Sustentaculum tali gebildet wird
- ein darüber verlaufendes Retinaculum musculorum flexorum (Abb. 6.104).

Retinaculum musculorum flexorum

Das Retinaculum musculorum flexorum ist eine bandartige Bindegewebsplatte, die sich über die Vertiefung spannt, die durch den Malleolus medialis, die Facies medialis und Facies posterior des Talus sowie die Facies medialis des Talus und die Unterfläche des Sustentaculum tali gebildet wird (Abb. 6.104). Es haftet kranial am Malleolus medialis, kaudal und dorsal am Unterrand des Calcaneus.

Das Retinaculum geht kranial in die Fascia cruris des Unterschenkels und kaudal in die Plantaraponeurose des Fußes über. Präparatorisch kann man ein tiefer gelegenes Stratum profundum und ein oberflächliches Stratum superficiale abgrenzen.

592

593

Septen, die vom Retinaculum musculorum flexorum in die Tiefe ziehen, verwandeln Rinnen im Knochen in bindegewebige Kanäle für die Beugesehnen, die aus der dorsalen Muskelloge in den Fuß übertreten (Abb. 6.104B). Durch Sehnenscheiden wird die Beweglichkeit der Sehnen in den Kanälen erleichtert.

Zwei Kompartimente auf der dorsalen Seite des Malleolus medialis dienen den Sehnen des Musculus tibialis posterior und des Musculus flexor digitorum longus als Schienen. Dabei liegt die Sehne des Musculus tibialis posterior medial der Sehne des Musculus flexor digitorum longus.

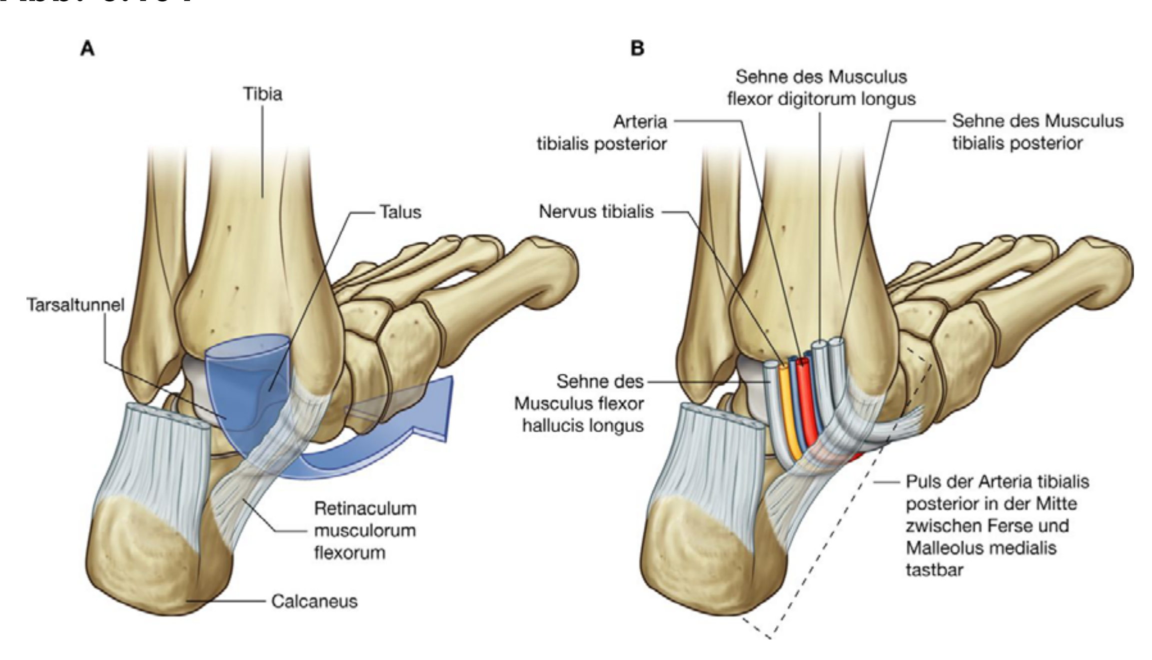
Direkt lateral der beiden Sehnen verlaufen die Arteria tibialis posterior mit ihren Begleitvenen und der Nervus tibialis posterior durch den Tarsaltunnel in den Fuß. Der Puls der Arteria tibialis posterior kann durch das Retinaculum musculorum flexorum in der Mitte zwischen Malleolus medialis und Calcaneus getastet werden.

Lateral des Nervus tibialis befindet sich auf der dorsalen Oberfläche des Talus und auf der Unterfläche des Sustentaculum tali eine Loge für die Sehne des Musculus flexor hallucis longus.

Retinacula musculorum extensorum

Zwei Retinacula musculorum extensorum fixieren die Sehnen der Streckmuskeln am Außenknöchel und verhindern bei der Streckung von Fuß und Zehen ein Bogensehnenphänomen (Abb. 6.105).





Tarsaltunnel und Retinaculum musculorum flexorum. Ansicht von dorsomedial. **A**. Knochen. **B**. Tarsaltunnel und Retinaculum flexorum.

- Das **Retinaculum musculorum extensorum superius** (Ligamentum transversum cruris) ist eine Verdickung der Fascia cruris am distalen Unterschenkel oberhalb des Sprunggelenks; es setzt am Margo anterior von Tibia und Fibula an.
- Das **Retinaculum musculorum extensorum inferius** (Ligamentum cruciforme) ist Y-förmig und setzt mit der Basis an der lateralen Seite der Oberfläche des Calcaneus an, kreuzt nach medial über den Fuß und inseriert mit einem Schenkel am Malleolus medialis, mit dem anderen Schenkel an der medialen Seite der Plantaraponeurose.

Die Sehnen der Musculi extensor digitorum longus und fibularis tertius verlaufen durch ein Kompartiment an der medialen Seite des proximalen Fußes. Lateral dieser Sehnen verlaufen die Arteria dorsalis pedis (Endast der Arteria tibialis anterior), die Sehne des Musculus extensor hallucis longus und die Sehne des Musculus tibialis anterior unter den Retinacula musculorum extensorum hindurch.

Retinacula musculorum fibularium

Retinacula musculorum fibularium halten die Sehnen der Musculi fibulares longus und brevis an der lateralen Seite des Fußes (Abb. 6.106):

- Das Retinaculum musculorum fibularium superius verläuft zwischen dem Malleolus lateralis und dem Calcaneus.

593
594

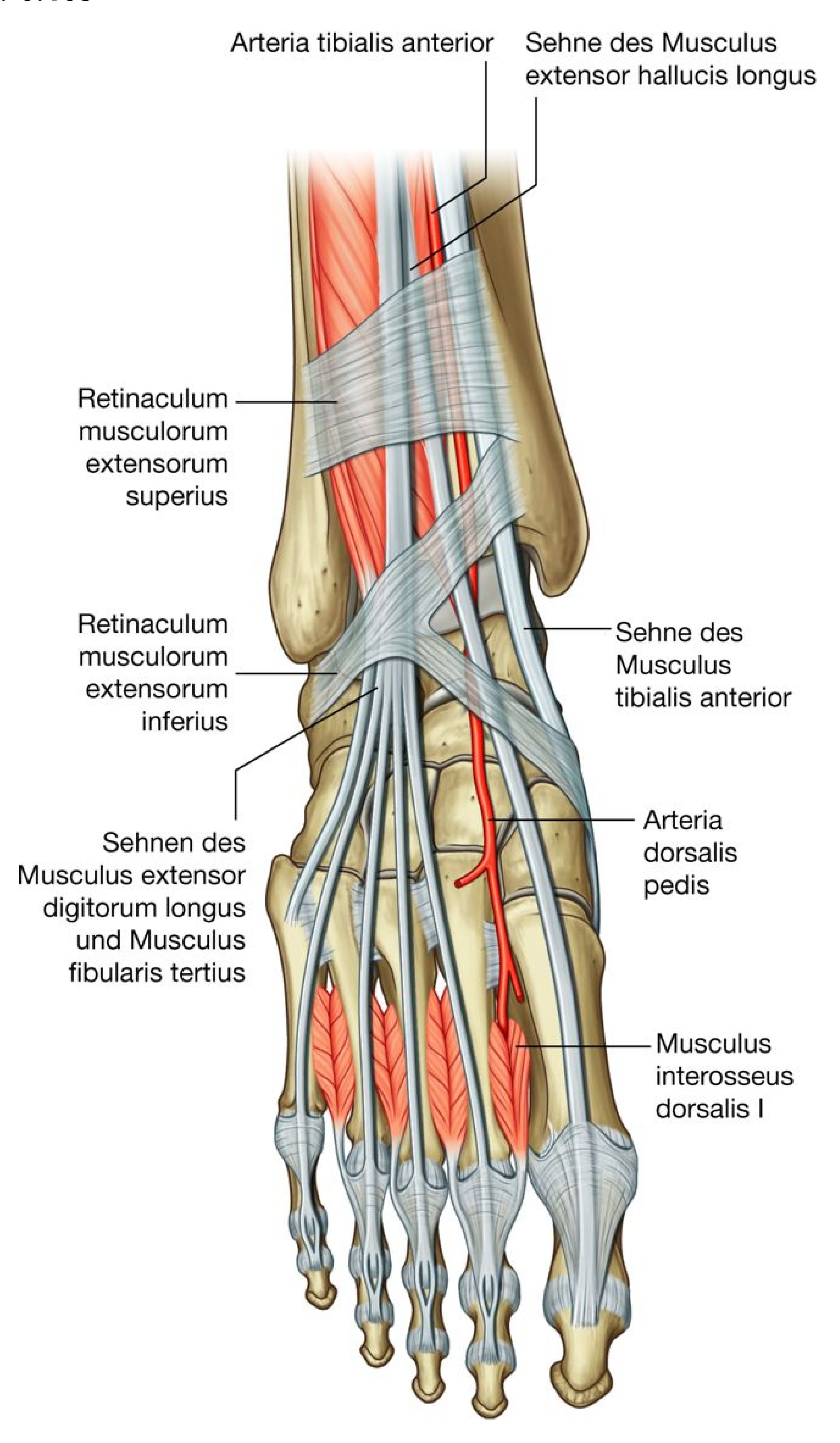
- Das Retinaculum musculorum fibularium inferius setzt an der lateralen Oberfläche des Calcaneus an der Trochlea fibularis an und verbindet sich kranial mit den Fasern des Retinaculum musculorum extensorum inferius.

Im Bereich der Trochlea fibularis teilt ein Septum das Kompartiment der Sehne des Musculus fibularis brevis kranial vom Kompartiment für die Sehne des Musculus fibularis longus kaudal.

Fußgewölbe

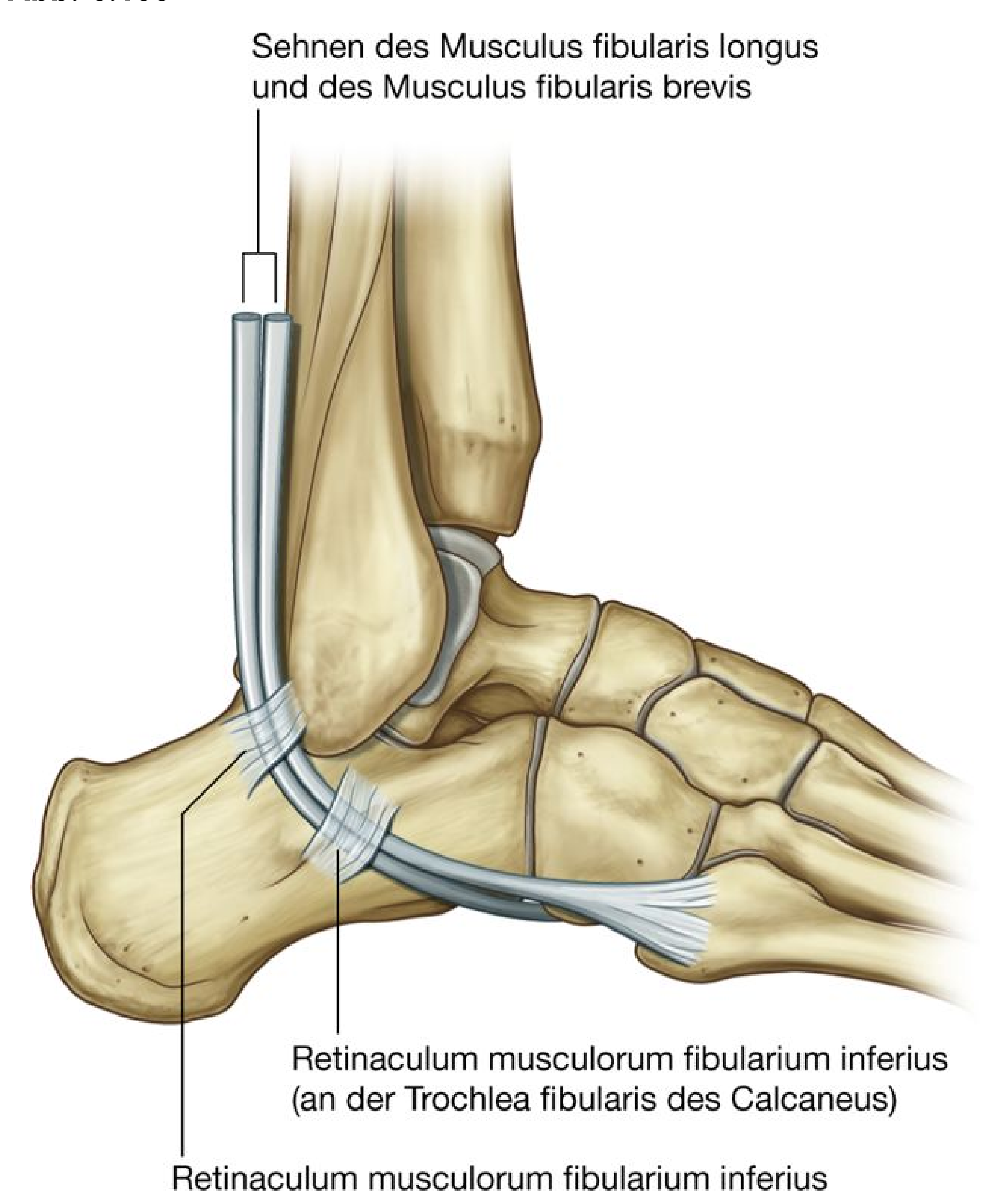
Die Knochen des Fußes liegen nicht in einer horizontalen Ebene. Stattdessen bilden sie eine Längswölbung und eine Querwölbung in Relation zum Boden (Abb. 6.107), welche die Kräftedes Körpers im Stand und während der Bewegung auf unterschiedlichem Untergrund abfangen und verteilen.

Abb. 6.105



Retinacula musculorum extensorum.

Abb. 6.106



Retinacula musculorum fibularium. Ansicht von lateral, linker Fuß.

Längsgewölbe

Das Längsgewölbe des Fußes wird zwischen dem dorsalen Ende des Calcaneus und den Metatarsalköpfchen gebildet (Abb. 6.107A). Es ist an der medialen Seite des Fußes am stärksten und lateral am geringsten ausgeprägt.

Quergewölbe

Das Quergewölbe des Fußes ist in der Koronarebene, die durch das Caput tali läuft, am höchsten und verschwindet auf Höhe der Metatarsalköpfchen an der Stelle, an der diese durch die Ligamenta metatarsalia transversa profunda zusammengehalten werden (Abb. 6.107B). *Sind die Gewölbe nicht angelegt, besteht ein angeborener Klumpfuß.*

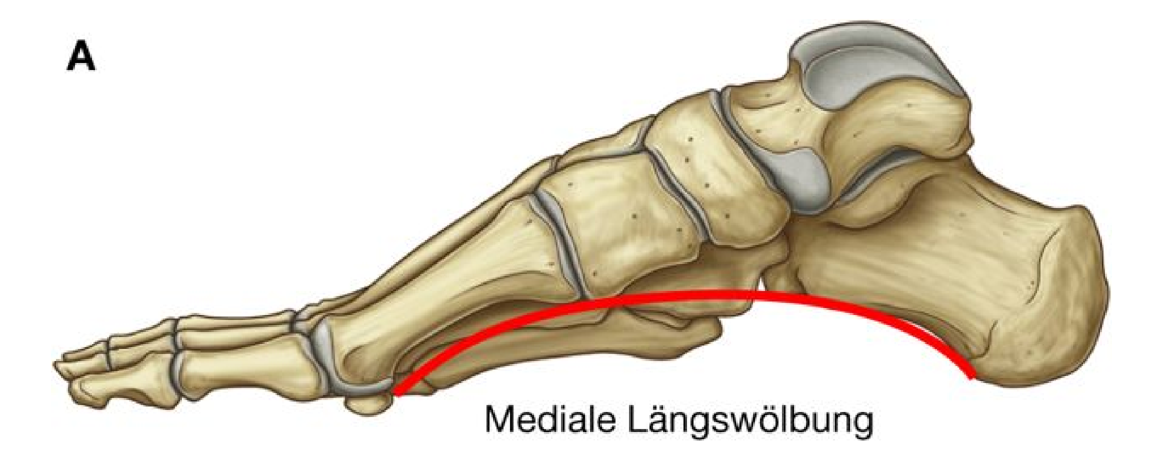
Knöcherne Stützpunkte der Fußgewölbe sind:

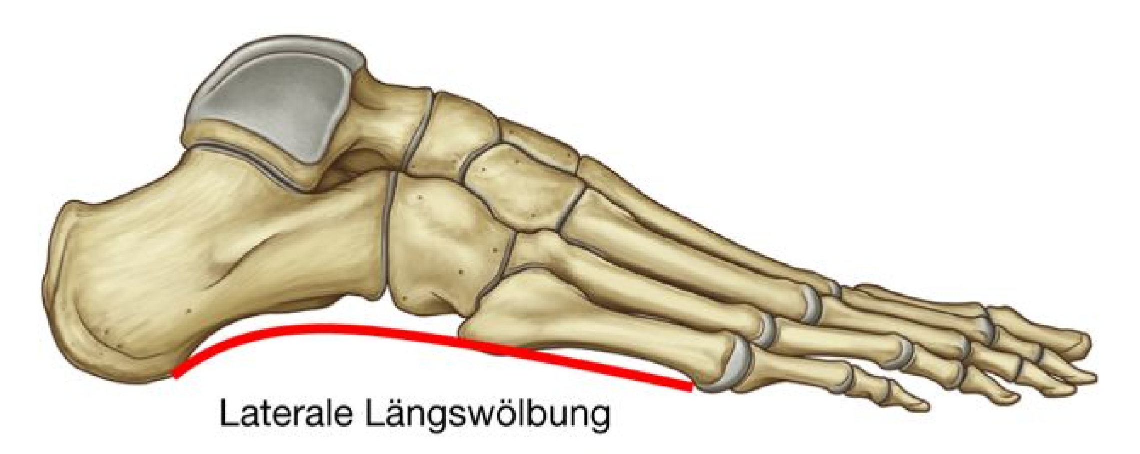
- Tuber calcanei
- Caput des Os metatarsi I
- Caput des Os metatarsi V.

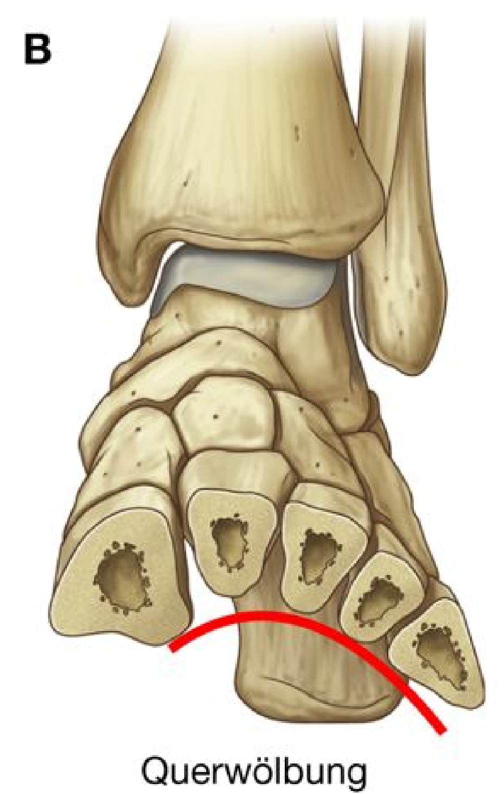
Passive und aktive Verspanner der Fußgewölbe

Das auf dem Fuß lastende Teilkörpergewicht hat die Tendenz, die Wölbung einzudrücken. Dem wirkenalle an der Planta pedis verlaufenden Muskeln, Sehnen und Bänder entgegen 594 595 (Zugverspannung). Die Muskelnsind aktive Verspanner, sie sind allerdings ermüdbar. Die Bänder bilden den passiven Verspannungsapparat, sie sind unermüdbar und besitzen eine große Widerstandskraft (Abb. 6.108).

Abb. 6.107

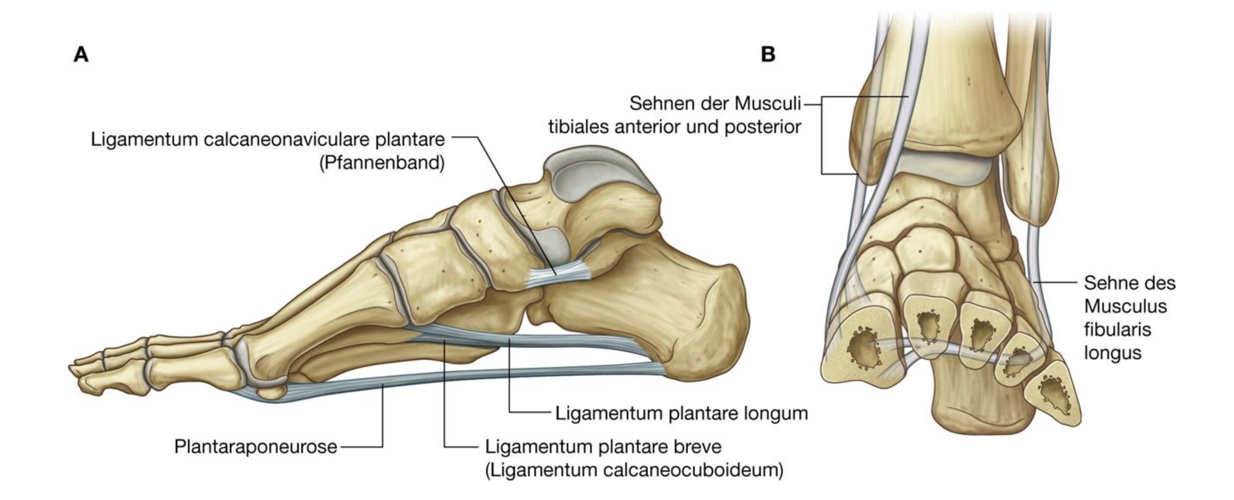






Fußgewölbe des linken Fußes. **A**. Längsgewölbe. **B**. Quergewölbe.

Abb. 6.108



Unterstützung der Fußgewölbe. **A**. Bänder. Ansicht von medial, linker Fuß. **B**. Querschnitt durch den Fuß mit Darstellung der Sehnen der Muskeln, die die Fußwölbungen unterstützen.

Man unterscheidet drei passiver Verspanner:

- Plantaraponeurose (ist sowohl für die Längs- als auch die Querwölbung bedeutsam)
- Ligamentum plantare longum
- Pfannenband (es vergrößert die Gelenkpfanne für den Taluskopf).

Die aktiven Verspanner sind alle Muskeln unter dem Fuß (sie oder ihre Sehnen umklammern den Fuß und wirken dem Druck entgegen). Besondere Bedeutung kommt den folgenden Muskeln zu:

- Musculus tibialis posterior (ist sowohl für die Längs- als auch die Querwölbung bedeutsam)
- Musculus fibularis longus (vor allem für die Querwölbung bedeutsam)
- Musculus adductor hallucis (Pars obliqua; vor allem für die Querwölbung bedeutsam).

Vorfuß. Das Teilkörpergewicht wird im Stehen über den Talus auf den Vor- und den Rückfuß übertragen. Dabei verläuft die Resultierende im Stand und in der Abstoßphase des Fußes zentrisch durch die Mittelfußknochen und führt zu einer Druckbeanspruchung. Bei Aufsetzen der Ferse liegt die Resultierende außerhalb der Knochenachse; der Fuß wird vornehmlich auf Biegung beansprucht (in dieser Phase ist die Beanspruchung allerdings niedrig, da der Fuß nicht belastet wird.

Rückfuß. Das Teilkörpergewicht wird über die Ferse und über den plantaren Bandapparat übertragen. Dabei wirkt der Musculus triceps surae mit. Es kommt zur Biegebeanspruchung des Calcaneus.

595
596

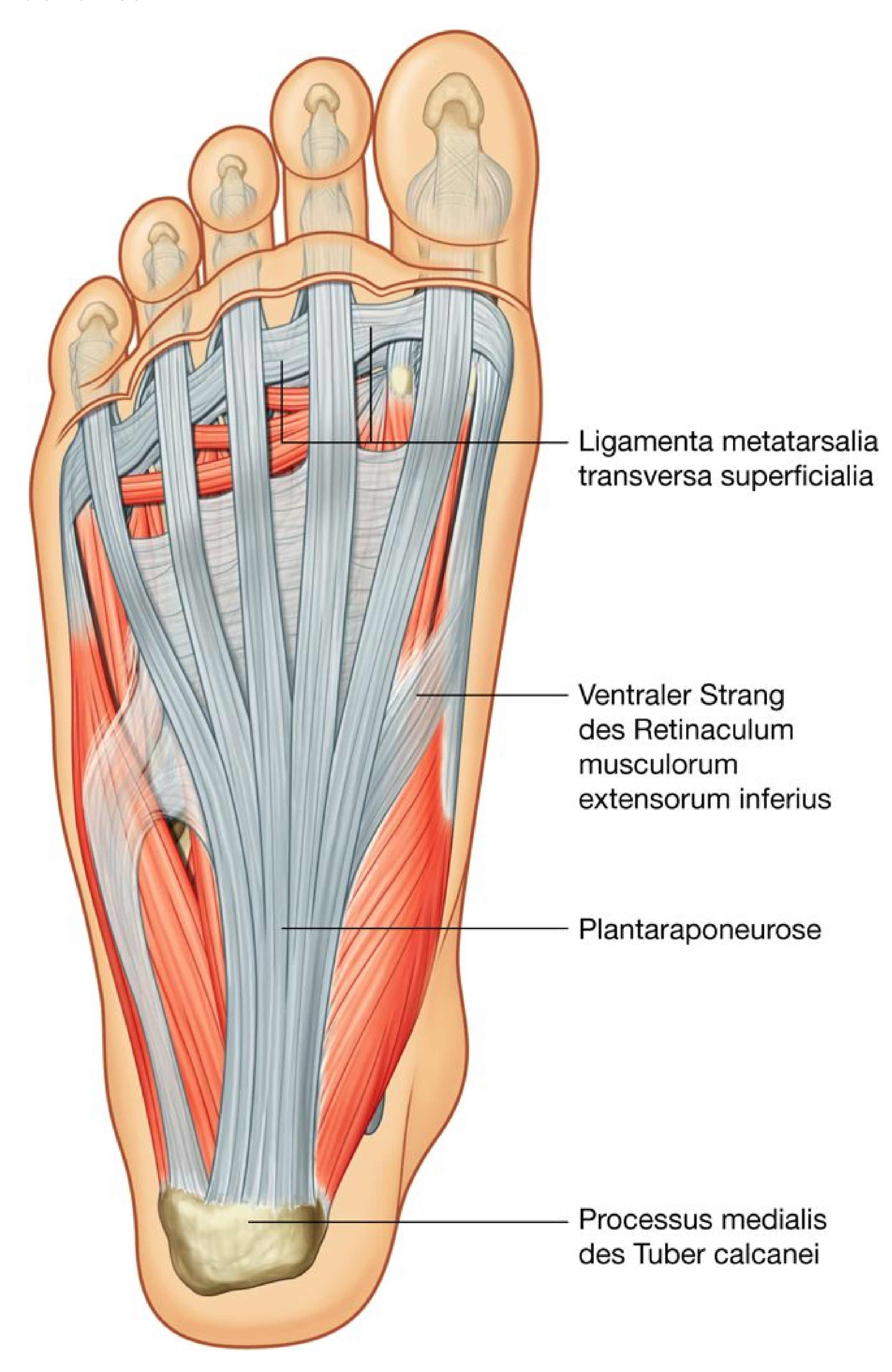
Die Beanspruchungen sind an den Trabekelstrukturen der Knochen erkennbar. *Bei der Marsch- oder Ermüdungsfraktur kommt es durch Insuffizienz der plantaren Muskeln bei Überbeanspruchung zu einer erhöhten Biegebeanspruchung der Knochen bei exzentrischer Lage der Resultierenden. Hiervon ist besonders häufig die Basis des Os metatarsi II betroffen.*

Plantaraponeurose

Die Plantaraponeurose ist eine Verdickung der Fascia pedis der Fußsohle (Abb. 6.109). Sie ist fest mit dem Processus medialis des Tuber calcanei verbunden und reicht als kräftiges Band mit longitudinal angeordneten Bindegewebsfasern nach ventral. Die Fasern weichen ventral auseinander und bilden digitale Stränge, die auf die Zehen übertreten und sich mit den Knochen, Bändern und der Dermis verbinden.

Distal der Metakarpophalangealgelenke sind die digitalen Ausläufer der Plantaraponeurose durch transversale Fasern miteinander verbunden, die als Ligamenta metatarsalia transversa superficialia bezeichnet werden.

Abb. 6.109

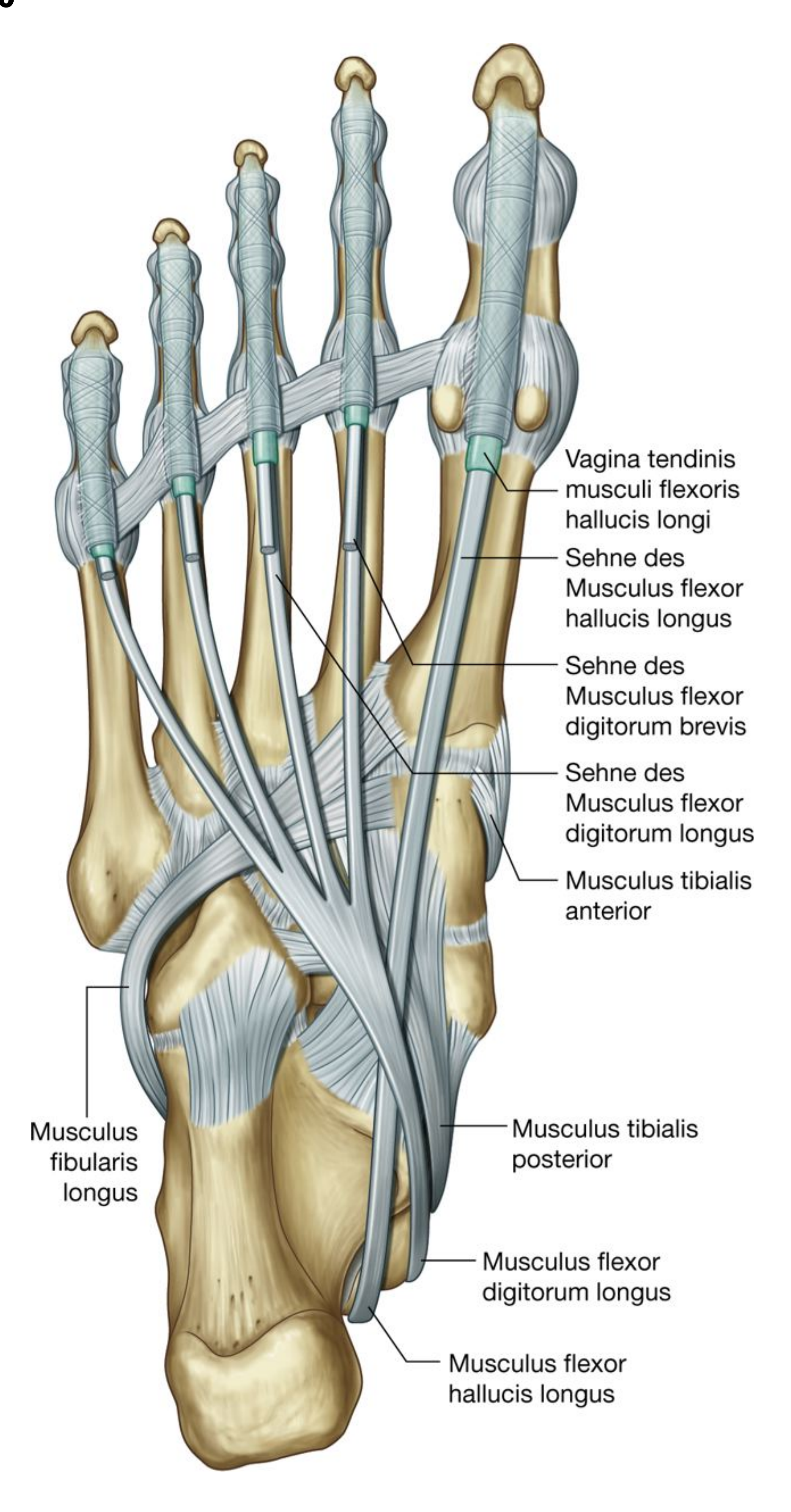


Plantaraponeurose.

Die Plantaraponeurose unterstützt die Längswölbung des Fußes und schützt tiefer liegende Strukturen der Fußsohle.

Sehnenscheiden der Zehen

Abb. 6.110



Vaginae fibrosae der Zehen.

Die Sehnen der Musculi flexor digitorum longus, flexor digitorum brevis und flexor hallucis longus verlaufen in fibrösen Sehnenscheiden oder Tunneln an der Plantarseite der Zehen (Abb. 6.110). Die Vaginae fibrosae beginnen ventral der Metakarpophalangealgelenke und reichen bis zu den distalen Phalangen. Sie bestehen jeweils aus einer Pars anularis und einer Pars cruciformis, die dorsal an den Rändern der Phalangen und anden Ligamenta plantaria, die mit den Metatarsophalangeal- und den Interphalangealgelenken assoziiert sind, ansetzen.

596
597

Die Vaginae fibrosae halten die Sehnen am Knochen und verhindern ein Bogensehnenphänomen bei der Flexion der Zehen. In jedem Tunnel ist die jeweilige Sehne von einer Vagina tendinis umgeben.

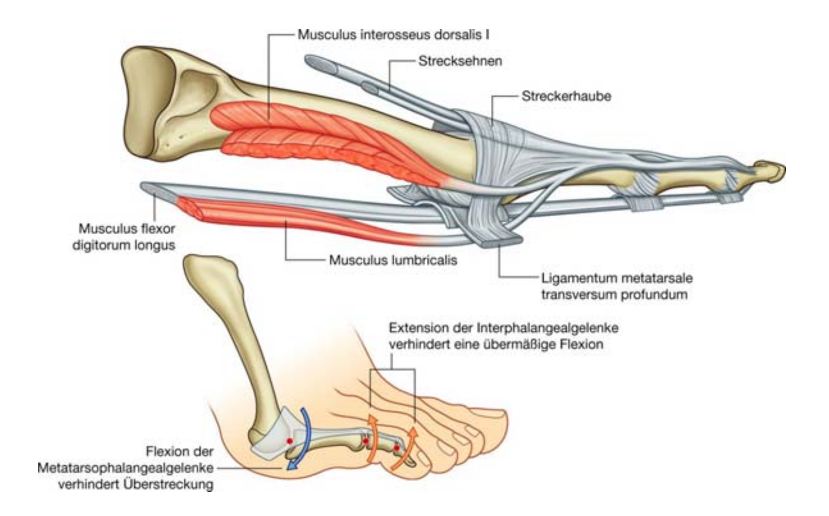
Dorsalaponeurosen

Die Sehnen der Musculi extensor digitorum longus, extensor digitorum brevis und extensor hallucis longus verlaufen auf die Streckseite der Zehen, breiten sich über den proximalen Phalangen aus und bilden dort die Dorsalaponeurose (klinisch als Streckerhaube bezeichnet; Abb. 6.111).

Jede Dorsalaponeurose ist dreieckig. Die Spitze setzt an der Phalanx distalis an. Die zentrale Region haftet am Mittelglied (Zehen II – V) oder am Grundglied (Großzehe) an, und die Ecken der Basis schlingen sich um die Seiten der Meta-tarsophalangealgelenke. Die Ecken setzen vor allem an den Ligamenta metatarsalia transversa profunda an.

Viele intrinsische Muskeln des Fußes inserieren am freien Rand der Dorsalaponeurose. Der Ansatz dieser Muskeln an der Streckerhaube ermöglicht es, in den Grundgelenken zu beugen, während die Interphalangealgelenke gleichzeitig gestreckt werden (Abb. 6.111). Die Funktion dieser Bewegungen ist am Fuß letztendlich nicht geklärt. Sie könnte aber einer Überstreckung der Metatarsophalangealgelenke und einer Flexion der Interphalangealgelenke entgegenwirken, wenn beim Gehen die Ferse angehoben ist und nur die Zehen den Boden berühren.





Dorsalaponeurosen (Streckerhauben).

Intrinsische Muskulatur

Die intrinsischen Muskeln des Fußes entspringen und inserieren am Fuß:

- Zwei intrinsische Muskeln – Musculus extensor digitorum brevis und Musculus extensor hallucis brevis – befinden sich auf der dorsalen Seite des Fußes (Fußrücken, Dorsum pedis)
- Alle anderen intrinsischen Muskeln – Musculi interossei dorsales und plantares, Musculus flexor digitorum brevis, Musculus quadratus plantae (Musculus flexor accessorius), Musculus abductor digiti minimi, Musculus abductor hallucis, Musculi lumbricales – liegen auf der plantaren Seite des Fußes (Planta pedis), an der sie in vier Schichten angeordnet sind.

Die intrinsischen Muskeln modifizieren vor allem die Aktionen der langen Sehnen und generieren die Feinmotorik der Zehen.

Alle intrinsischen Muskeln des Fußes werden durch die Rami medialis und lateralis des Nervus tibialis innerviert. Eine Ausnahme bildet der Musculus extensor digitorum brevis, der vom Nervus fibularis profundus innerviert wird. Die ersten beiden Musculi interossei können ebenfalls einen Teil ihrer Innervation über den Nervus fibularis profundus erhalten.

597
598

Dorsum pedis

Musculus extensor digitorum brevis

Der **Musculus extensor digitorum brevis** entspringt an der dorsolateralen Fläche des Calcaneus lateral des Sinus tarsi (Abb. 6.112 und Tab. 6.10).

Der flache Muskelbauch verläuft unterhalb der Sehnen des Musculus extensor digitorum longus nach ventromedial und bildet drei Sehnen, die auf die Zehen ziehen. Die Sehnen verbinden sich von lateral mit den Sehnen des Musculus extensor digitorum longus und strahlen in die Dorsalaponeurose ein.

Der Musculus extensor digitorum bewirkt eine Extension der Grund-, Mittel- und Endgelenke der Zehen II – V. Erwird vom Nervus fibularis profundus innerviert.

Musculus extensor hallucis brevis

Der **Musculus extensor hallucis brevis** entspringt zusammen mit dem Musculus extensor digitorum brevis von der dorsolateralen Fläche des Calcaneus (Tab. 6.10). Seine Sehne zieht auf die Großzehe und inseriert über die Dorsalaponeurose an der Basis der Phalanx proximalis.

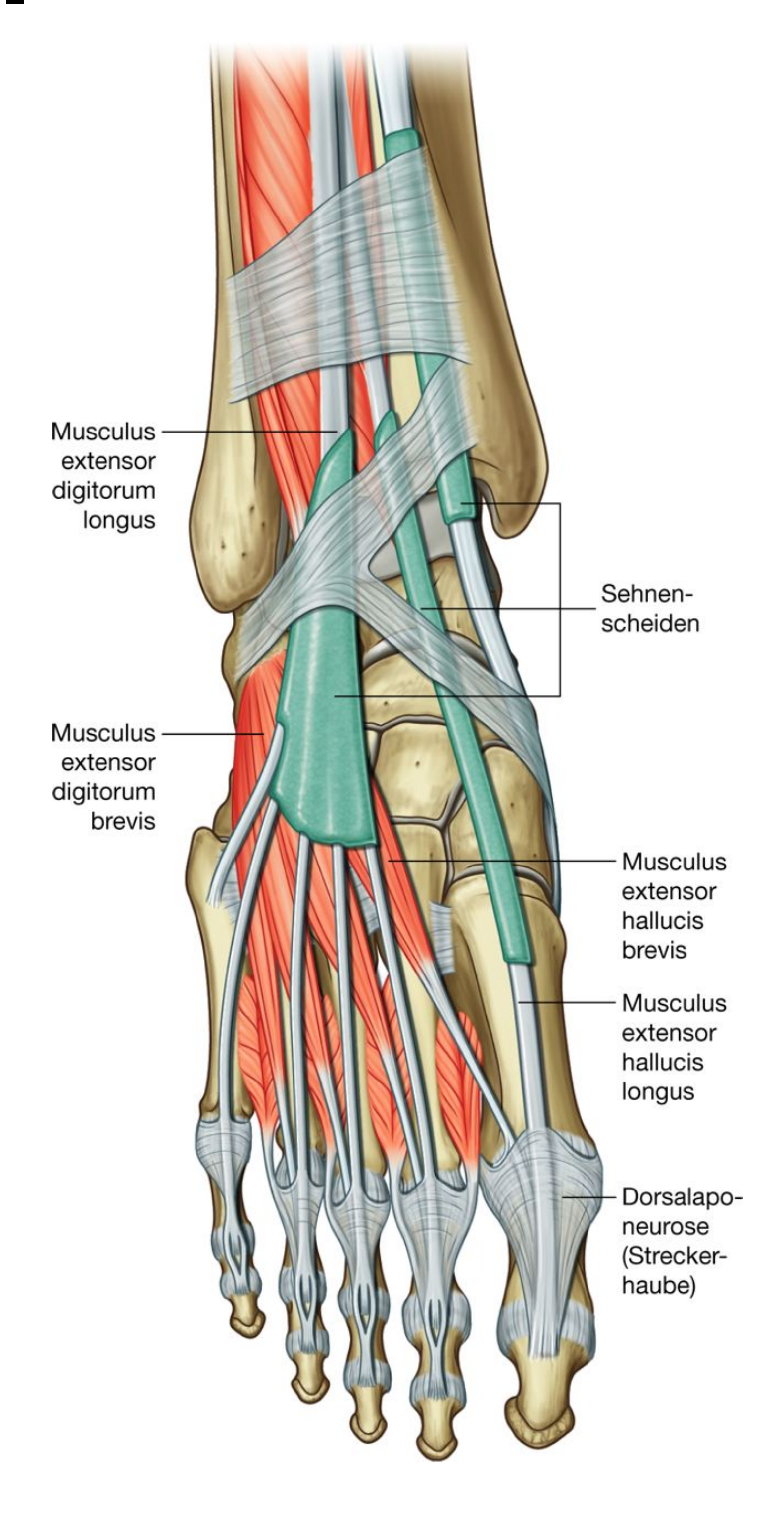
Der Musculus extensor hallucis brevis streckt die Großzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus fibularis profundus innerviert.

Planta pedis

Die Muskeln der Fußsohle sind in vier Schichten angeordnet. Von oberflächlich bis tief oder von plantar nach dorsal lassen sich die Schichten 1 – 4 unterscheiden.

Erste Schicht

Abb. 6.112



Musculus extensor digitorum brevis.

Die erste Schicht, die am weitesten oberflächlich liegt, umfasst drei Muskeln. Sie liegen direkt unterhalb der Plantaraponeurose (Abb. 6.113 und Tab. 6.11). Von medial nach lateral sind dies die Musculi abductor hallucis, flexor digitorum brevis und abductor digiti minimi.

Tab. 6.10 Muskeln des Fußrückens

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus extensor digitorum brevis	Dorsolaterale Fläche des Calcaneus, lateraler Rand des Sulcus calcanei	Über die Dorsalaponeurose an der Basis von Mittel- und Endphalanx der Zehen II, III, IV	Nervus fibularis profundus (S1, S2)	Extension der Grund-, Mittel- und Endgelenke der Zehen II – IV
Musculus extensor hallucis brevis	Dorsolaterale Fläche des Calcaneus, lateraler Rand des Sulcus calcanei	Über die Dorsalaponeurose an der Basis der Grundphalanx der Großzehe	Nervus fibularis profundus (S1, S2)	Extension der Großzehe im Grundgelenk

598

599

Tab. 6.11 Erste Muskelschicht der Fußsohle (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus abductor hallucis	Processus medialis des Tuber calcanei	Mediale Seite der Basis der Phalanx proximalis der Großzehe und mediales Sesambein des Großzehengrundgelenks	Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis (S2, **S3)**	Abduktion und Flexion im Großzehengrundgelenk
Musculus flexor digitorum brevis	Plantarfläche des Tuber calcanei und Plantaraponeurose	Ränder der Basis der Mittelphalanx der Zehen II–V	Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis (S2, **S3)**	Flexion der Grund- und Mittelgelenke der Zehen II – V
Musculus abductor digiti minimi	Plantarfläche des Tuber calcanei und Tuberositas ossis metatarsi V	Laterale Seite der Basis der Grundphalanx der Kleinzehe	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, **S3)**	Abduktion der Kleinzehe im Grundgelenk

Musculus abductor hallucis

Der **Musculus abductor hallucis** bildet den medialen Fußrand und trägt zur Weichgewebebildung der medialen Fußsohle bei (Abb. 6.113). Er entspringt am Processus medialis des Tuber calcanei und am angrenzenden Retinaculum musculorum

flexorum sowie an der Plantaraponeurose. Er bildet eine Sehne, die an der medialen Seite der Basis der Phalanx proximalis der Großzehe und dem medialen Sesambein des Großzehengrundgelenks ansetzt.

Der Musculus abductor hallucis beugt die Großzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis innerviert.

Musculus flexor digitorum brevis

Der **Musculus flexor digitorum brevis** liegt direkt oberhalb der Plantaraponeurose und unterhalb der Sehnen des Musculus flexor digitorum longus in der Fußsohle (Abb. 6.113). Der flache spindelförmige Muskelbauch entspringt als Sehne von der Plantarfläche des Tuber calcanei und der Plantaraponeurose.

Die Muskelfasern des Musculus flexor digitorum brevis weichen nach ventral auseinander und bilden vier Sehnen, die jeweils auf die lateralen vier Zehen ziehen. Nahe der Basis der Phalanx proximalis der Zehen teilt sich jede Sehne in zwei Teile, die jeweils rechts und links um die Sehne des Musculus flexor digitorum longus verlaufen und an den Rändern der Basen der Mittelphalangen der Zehen ansetzen.

Der Musculus flexor digitorum brevis beugt die Grund- und Mittelgelenke der Zehen II – V und wird vom Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis innerviert.

Musculus abductor digiti minimi

Der **Musculus abductor digiti minimi** liegt an der lateralen Fußseite und trägt zur Bildung des großen lateralen Weichgewebemantels der Fußsohle bei (Abb. 6.113). Er hat einen breiten Ursprung an der Plantarfläche des Tuber calcanei und an einem nicht näher bezeichneten Sehnenstrang, der den Calcaneus mit der Basis des Os metatarsi V verbindet.

Der Musculus abductor digiti minimi geht in eine Sehne über, die in der flachen Rinne auf der Plantarfläche der Basis des Os metatarsi V verläuft und an der lateralen Seite der Basis der Grundphalanx der Kleinzehe ansetzt.

Der Musculus abductor digiti minimi abduziert die Kleinzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert.

Zweite Schicht

Die zweite Muskelschicht der Fußsohle ist mit den Sehnen des Musculus flexor digitorum longus assoziiert, die durch diese Schicht verlaufen. Sie enthält den Musculus quadratus plantae und die vier Musculi lumbricales (Abb. 6.114 und Tab. 6.12).

Musculus quadratus plantae

Der **Musculus quadratus plantae** ist ein flacher viereckiger Muskel mit zwei Ursprüngen (Abb. 6.114):

- Ein Kopf entspringt an der medialen Fläche des Calcaneus unterhalb des Sustentaculum tali.
- Der andere Kopf entspringt an der Unterfläche des Calcaneus ventral des Processus lateralis des Tuber calcanei.

Der Musculus quadratus plantae inseriert an der laterodorsalen Seite der Ansatzsehne des Musculus flexor digitorum longus.

Der Musculus quadratus plantae unterstützt den Musculus flexor digitorum longus in seiner Funktion als Zehenbeuger und kann auch die „Zugrichtung“ der Sehne korrigieren, da sie von medial auf die Fußsohle zieht. Der Muskel wird vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert.

599
600

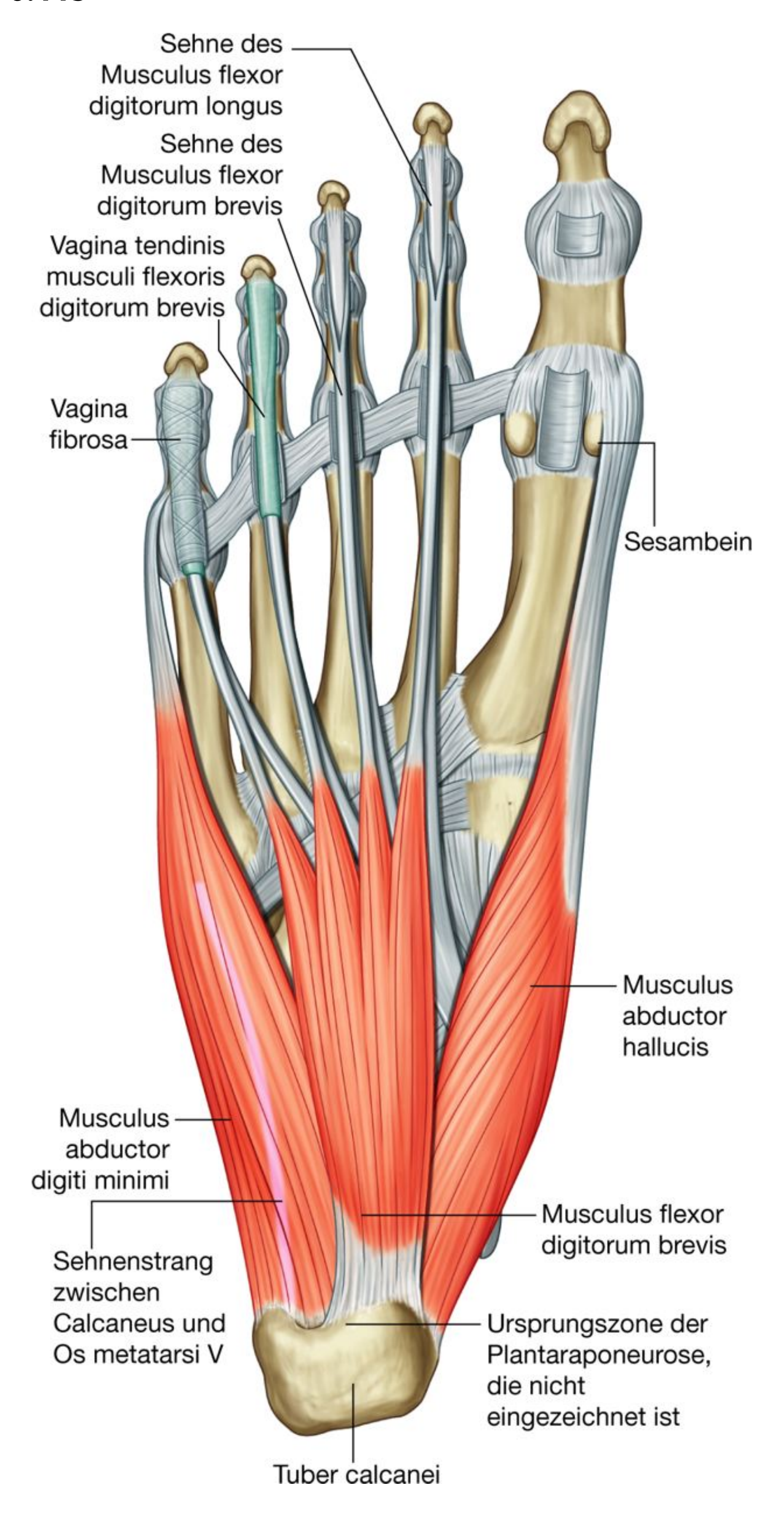
Musculi lumbricales

Die Musculi lumbricales sind vier wurmartige Muskeln, die von den Sehnen des Musculus flexor digitorum longus entspringen und nach dorsal verlaufen, um an den freien medialen Rändern der Dorsalaponeurose der Zehen und an der medialen Seite der Grundgelenkbasen der Zehen II – V zu inserieren (Abb. 6.114).

Der erste Musculus lumbricalis entspringt von der medialen Seite der Sehne des Musculus flexor digitorum longus, die mit der 2. Zehe assoziiert ist. Die anderen drei Muskeln besitzen eine doppelte Fiederung und entspringen von den Seiten der gegenüberliegenden Sehnen des Musculus flexor digitorum longus.

Die Musculi lumbricales wirken über ihre Insertion an der Dorsalaponeurose und verhindern eine extreme Überstreckung der Grundgelenke sowie Beugung der Interphalangealgelenke, wenn die Ferse beim Laufen den Boden verlässt.

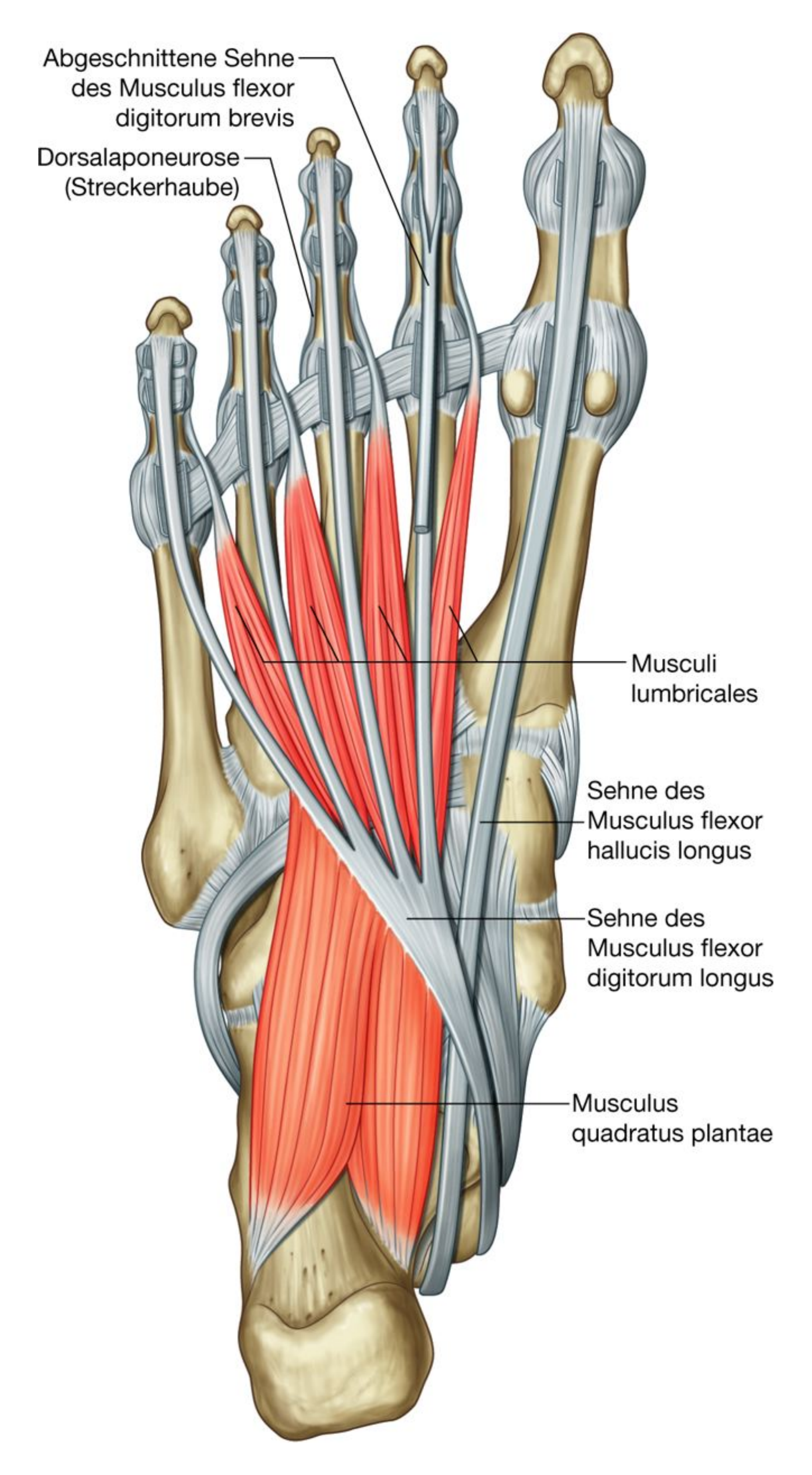
Abb. 6.113



Erste Muskelschicht der Fußsohle.

Variabel wird der Musculus lumbricalis I allein oder gemeinsam mit dem Musculus lumbricalis II vom Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis innerviert. Die Musculi

Abb. 6.114



Zweite Muskelschicht der Fußsohle.

Tab. 6.12 Zweite Muskelschicht der Fußsohle

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus quadratus plantae	Mediale Fläche des Calcaneus und Processus lateralis des Tuber calcanei	Laterodorsale Seite der Ansatzsehne des Musculus flexor digitorum longus	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S1–S3)	Unterstützt den Musculus flexor digitorum longus bei der Flexion der Zehen II – V
Musculi lumbricales	Musculus lumbricalis I: mediale Seite der Sehne des Musculus flexor digitorum longus zum Digitus II Musculi lumbricales II, III und IV: Seiten der gegenüberliegenden Sehnen des Musculus flexor digitorum longus	Freier medialer Rand der Dorsalaponeurose der Zehen und mediale Seite der Grundgelenkbasis der Zehen II–V	Musculi lumbricales I und II: Nervus plantaris medialis des Nervus tibialis Musculi lumbricales III und IV: Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, S3)	Flexion der Zehengrundgelenke II–V und Streckung in den Mittel- und Endgelenken

lumbricales III und IV und variabel auch der Musculus lumbricalis II werden vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert.

Dritte Schicht

Drei Muskeln bilden die dritte Schicht der Fußsohle (Abb. 6.115 und Tab. 6.13):

- Die Musculi flexor hallucis brevis und adductor hallucis sind mit der Großzehe assoziiert.
- Der Musculus flexor digiti minimi brevis ist mit der Kleinzehe assoziiert.

Musculus flexor hallucis brevis

Der **Musculus flexor hallucis brevis** entspringt mit zwei Köpfen (Abb. 6.115):

- Das **Caput laterale** entspringt von der lateralen Fläche des Os cuboideum hinter dem Sulcus tendinis musculi fibularis longi und der angrenzenden Fläche des Os cuneiforme laterale sowie vom Ligamentum plantare longum.
- Das **Caput mediale** entspringt von der Sehne des Musculus tibialis posterior an der Stelle, an der sie auf die Fußsohle tritt, sowie vom Ligamentum plantare longum.

Die beiden Köpfe des Muskels vereinigen sich zu einem Muskelbauch, der wiederum auf Höhe des Os metatarsi I in einen lateralen und medialen Anteil getrennt wird. Jeder Anteil geht in eine Sehne über, die an der lateralen bzw. medialen Basis der Grundphalanx der Großzehe und dem entsprechenden Sesambein ansetzt.

Die Sehne des Musculus flexor hallucis longus verläuft zwischen den beiden Sesambeinen.

Der Musculus flexor hallucis brevis bewirkt eine Beugung der Großzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus plantaris medialis (Caput mediale) sowie vom Nervus plantaris lateralis (Caput laterale) des Nervus tibialis innerviert.

Musculus adductor hallucis

Der **Musculus adductor hallucis** entspringt mit zwei Muskelköpfen, Caput transversum und Caput obliquum, die sich an ihren Enden vereinigen und am laterale Sesambein des Großzehengrundgelenks und an der lateralen Seite der Basis der Phalanx proximalis der Großzehe ansetzen (Abb. 6.115):

- Das **Caput transversum** entspringt von den Ligamenta plantaria der Metatarsophalangealgelenke der lateralen drei Zehen und den dazugehörigen Ligamenta transversa profunda. Der Muskel kreuzt die Fußsohle von lateral nach medial und verbindet sich mit dem Caput obliquum nahe der Basis der Großzehe.
- Das **Caput obliquum** ist größer und entspringt von der plantaren Fläche der Basen der Ossa metatarsi II – IV, vom Os cuboideum und vom Os cuneiforme laterale. Dieser Muskelanteil läuft nach anterolateral durch die Fußsohle und verbindet sich mit dem Caput transversum.

Die Ansatzsehne inseriert am lateralen Sesambein des Großzehengrundgelenks und an der Gelenkkapsel.

Der Musculus adductor hallucis brevis adduziert die Großzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert.

Musculus flexor digiti minimi brevis

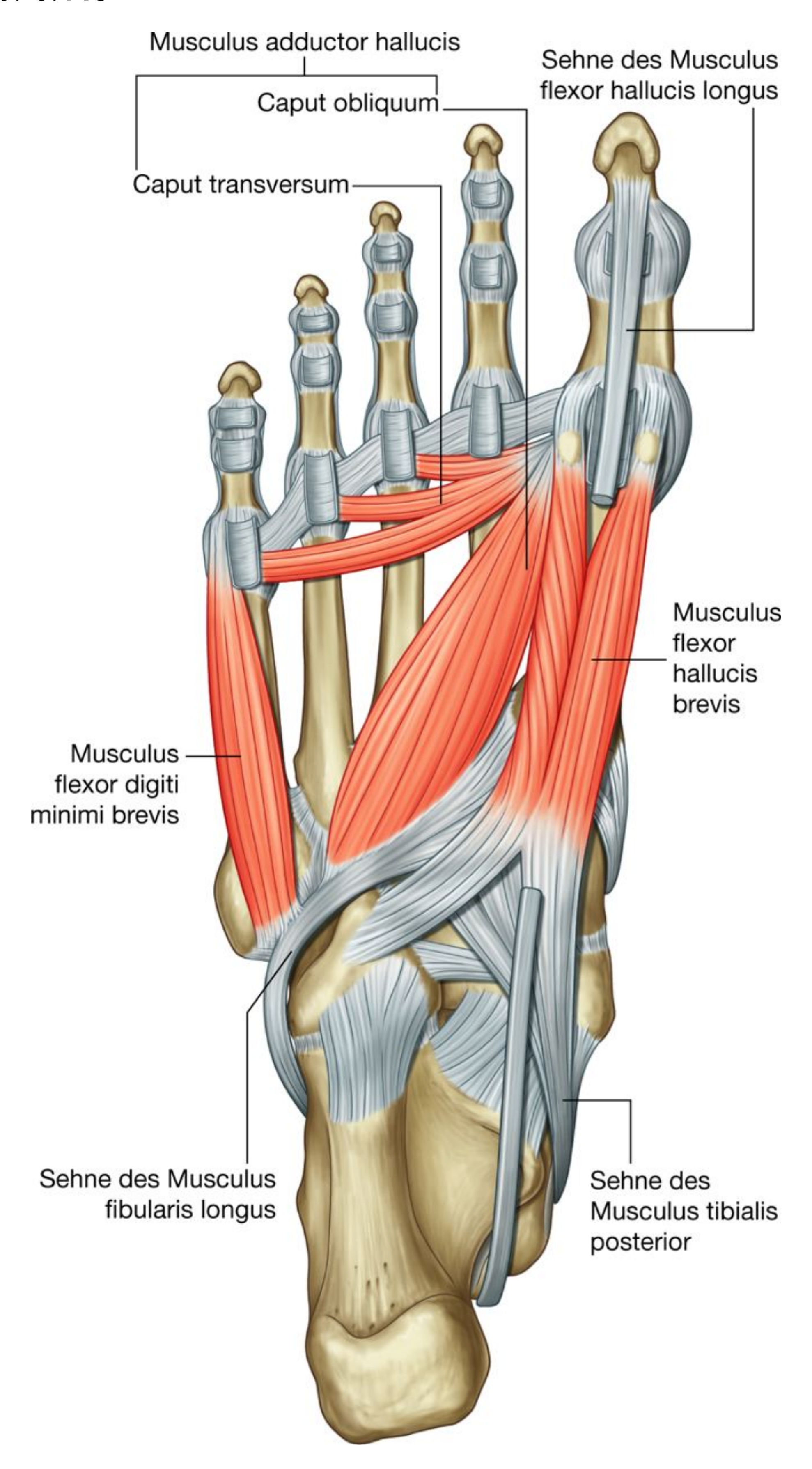
Der **Musculus flexor digiti minimi brevis** entspringt von der plantaren Fläche der Basis des Os metatarsi V der angrenzenden Sehnenscheide des Musculus fibularis longus und vom Ligamentum plantare longum (Abb. 6.115). Er setzt an der Basis der Grundphalanx der Kleinzehe an.

601

Der Musculus flexor digiti minimi brevis beugt die Kleinzehe im Grundgelenk und wird vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert.

602

Abb. 6.115



Dritte Muskelschicht der Fußsohle.

Vierte Schicht

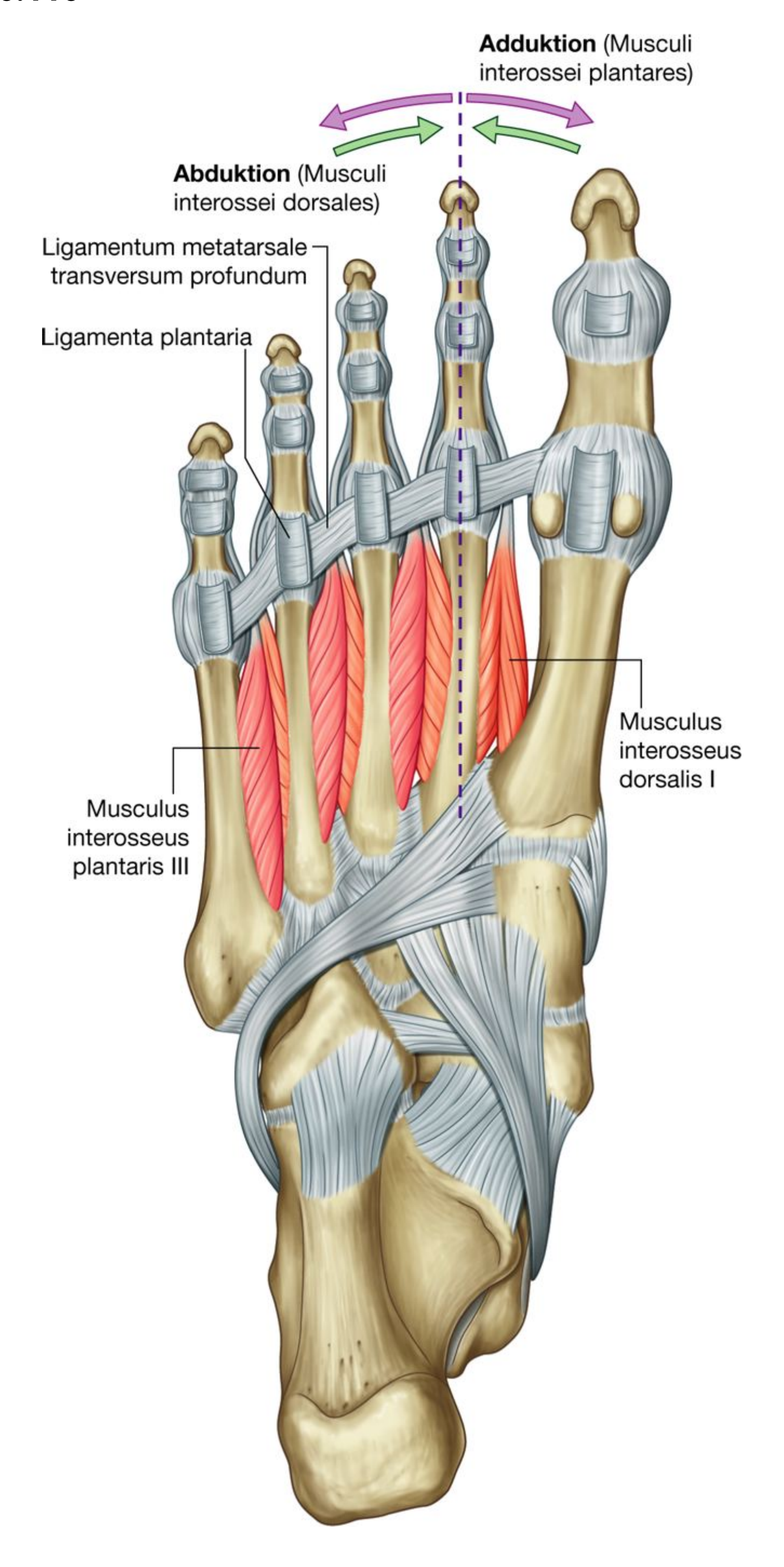
Die tiefste Muskelschicht der Fußsohle besitzt zwei Muskelgruppen, die Musculi interossei dorsales und plantares (Abb. 6.116 und Tab. 6.14).

Musculi interossei dorsales

Die vier **Musculi interossei dorsales** liegen in der Fußsohle am tiefsten und dem Dorsum pedis am nächsten. Sie abduzieren die 2. – 4. Zehe in Relation zur Achse durch die 2. Zehe (Abb. 6.116). Alle vier Muskeln sind zweifach gefiedert und entspringen von den einander zugekehrten seitlichen Flächen der Ossa metatarsi I – V.

Die Sehnen der Musculi interossei dorsales setzen an den Grundphalanxbasen der Zehen an, der Musculus interosseus dorsalis I an der medialen Seite der 2. Zehe und die anderen jeweils an der lateralen Seite. Außerdem inserieren sie an den Dorsalaponeurosen der 2. – 4. Zehe.

Abb. 6.116



Vierte Muskelschicht der Fußsohle.

Die 2. Zehe kann in beide Richtungen abduziert werden. An ihr setzt ein Musculus interosseus dorsalis auf jeder Seite der Zehenbasis an. Die Großzehe und die Kleinzehe haben jeweils ihre eigenen Abduktoren (Musculi abductor hallucis und abductor digiti minimi) in der ersten Muskelschicht der Fußsohle.

602
603

Tab. 6.13 Dritte Muskelschicht der Fußsohle (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Segmente mit der Hauptinnervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus flexor hallucis brevis	Os cuneiforme mediale, Sehnenscheide des Musculus tibialis posterior	Laterale (Caput laterale) und mediale (Caput mediale) Basis der Grundphalanx der Großzehe	Nervus plantaris medialis (Caput mediale) und Nervus plantaris lateralis (Caput laterale) des Nervus tibialis (**S1**, S2)	Flexion der Großzehe im Grundgelenk
Musculus adductor hallucis	Caput transversum: Ligamenta plantaria und Ligamenta transversa profunda Caput obliquum: plantare Fläche der Basen der Ossa metatarsi II–IV, Os cuboideum und Os cuneiforme laterale	Laterales Sesambein des Großzehengrundgelenks	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, S3)	Adduktion der Großzehe im Grundgelenk
Musculus flexor digiti minimi brevis	Plantare Fläche der Basis von Os metatarsi V und Sehnenscheide des Musculus fibularis longus	Basis der Grundphalanx der Kleinzehe	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, S3)	Flexion der Kleinzehe im Grundgelenk

Tab. 6.14 Vierte Muskelschicht der Fußsohle

Muskeln	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculi interossei dorsales	Einander zugekehrte seitliche Flächen der Ossa metatarsi I – V	Grundphalanx und Dorsalaponeurose der Zehen II, III, und IV	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, S3)	Abduktion der Zehen II – IV in den Grundgelenken (2. Zehe als Mittelachse), Beugung in den Grundgelenken, Streckung in den Mittel- und Endgelenken
Musculi interossei plantares	Plantarfläche und Basis der Ossa metatarsi III – V	Grundphalanx und Dorsalaponeurose der Zehen III – V	Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis (S2, S3)	Adduktion der Zehen III–V im Grundgelenk, Beugung in den Grundgelenken, Streckung in den Mittel- und Endgelenken

Zusätzlich zur Abduktion wirken die Musculi interossei dorsales über die Dorsalaponeurose einer Extension der Grundgelenke und einer Flexion der Interphalangealgelenke entgegen, indem sie in den Grundgelenken beugen und in den Mittel- und Endgelenken strecken.

Die Musculi interossei dorsales werden vom Nervus plantaris lateralis des Nervus tibialis innerviert. Der erste und zweite Musculus interosseus dorsalis erhält darüber hinaus Fasern vom Nervus fibularis profundus.

Musculi interossei plantares

Die drei **Musculi interossei plantares** adduzieren die 3., 4. und 5. Zehe in Richtung zur 2. Zehe (Abb. 6.116).

Jeder Musculus interosseus plantaris entspringt von der plantaren Fläche und der Basis des dazugehörigen Metatarsalknochens und setzt an der medialen Seite der Grundphalanxbasis und der Dorsalaponeurose der Zehen III – V sowie an den Ligamenta plantaria an.

603 604

Die Großzehe besitzt einen eigenen Adduktor (Musculus adductor hallucis) in der dritten Muskelschicht der Fußsohle. Die 2. Zehe kann von einem Musculus interosseus dorsalis adduziert werden.

Außer der Adduktion fixieren die Musculi interossei plantares beim Abrollen des Fußes die Ligamenta plantaria und die Mittelfußköpfchen für die Druckübertragung und wirken einer Extension der Grundgelenke und einer Flexion der Interphalangealgelenke

entgegen, indem sie in den Grundgelenken beugen und in den Mittel- und Endgelenken strecken. Sie werden vom Nervus plantaris des Nervus tibialis innerviert.

Arterien

Die Blutversorgung des Fußes erfolgt über Äste der Arteria tibialis posterior und der Arteria dorsalis pedis.

Die Arteria tibialis posterior teilt sich nach Übertritt in die Fußsohle in eine Arteria plantaris medialis und eine Arteria plantaris lateralis. Die Arteria plantaris lateralis verbindet sich mit dem Endast der Arteria dorsalis pedis (Arteria plantaris profunda) zum Arcus plantaris profundus, dessen Äste die Zehen versorgen.

Die Arteria dorsalis pedis ist die Fortsetzung der Arteria tibialis anterior. Sie verläuft auf dem Fußrücken und zieht zwischen den Ossa metatarsi I und II als Arteria plantaris profunda kaudalwärts zur Fußsohle weiter.

Arteria tibialis posterior und Arcus plantaris profundus

Die Arteria tibialis posterior tritt durch den Tarsaltunnel hinter dem Malleolus medialis in den Fuß. *In der Mitte zwischen Malleolus medialis und Ferse ist der Puls der Arteria tibialis posterior tastbar, da die Arterie hier nur vom Retinaculum musculorum flexorum und von Haut bedeckt ist.* Kurz danach teilt sich die Arterie in eine kleine Arteria plantaris medialis und eine deutlich größere Arteria plantaris lateralis.

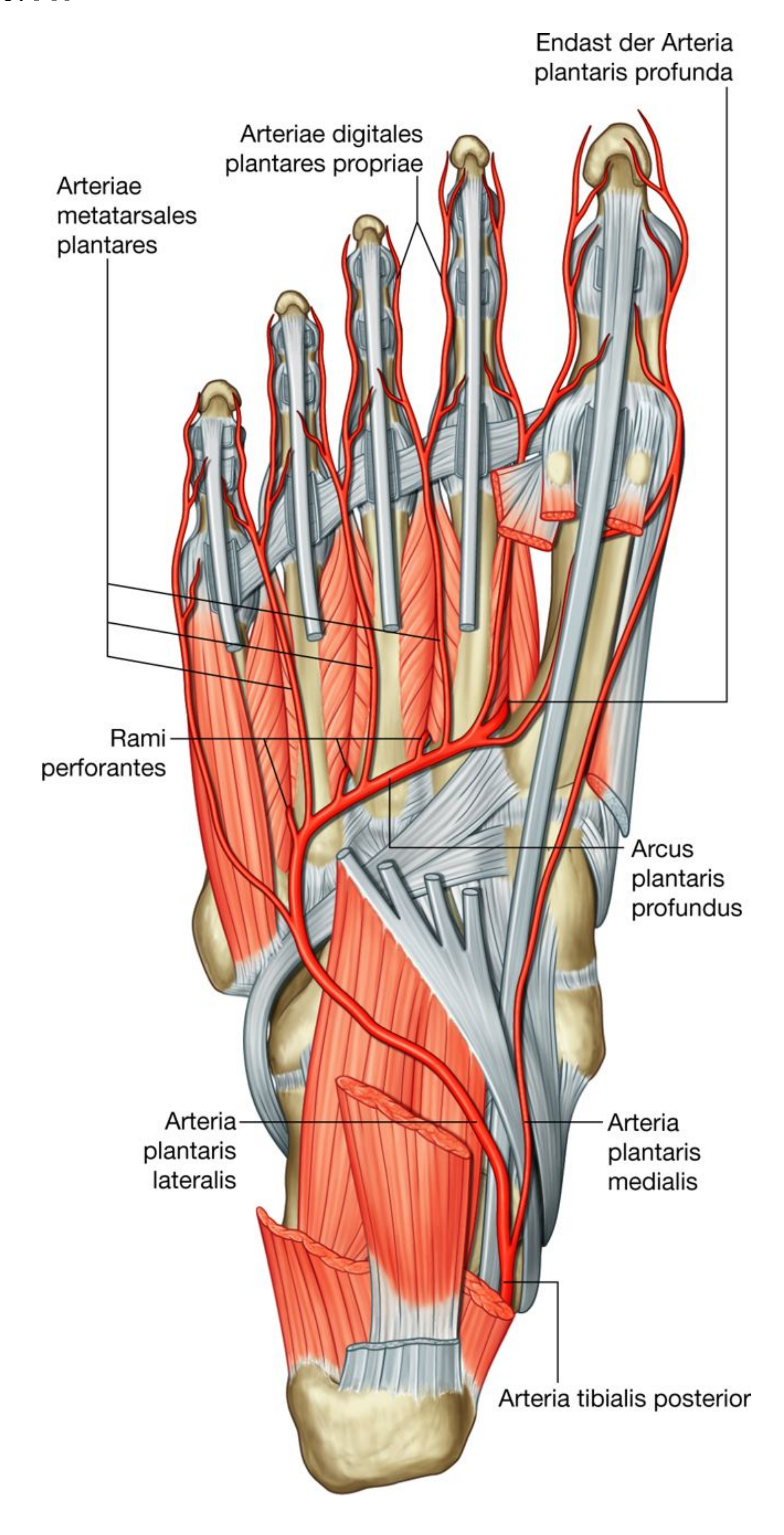
Arteria plantaris lateralis

Die **Arteria plantaris lateralis** zieht nach ventrolateral in die Fußsohle. Dabei verläuft sie erst unterhalb des Musculus abductor hallucis und dann zwischen dem Musculus quadratus plantae und dem Musculus flexor digitorum brevis (Abb. 6.117). Sie erreicht die Basis des Os metatarsi V und liegt dabei in einer Rinne zwischen dem Musculus flexor digitorum brevis und dem Musculus abductor digiti minimi. Von hier windet sie sich nach medial und bildet den Arcus plantaris profundus, der in der Tiefe der Fußsohle auf den Basen der Ossa metatarsi und den Musculi interossei verläuft.

Zwischen den Basen der Ossa metatarsi I und II verbindet sich der Arcus plantaris profundus mit dem Endast (Arteria plantaris profunda) der Arteria dorsalis pedis, die hier vom Fußrücken zur Fußsohle übertritt.

Hauptäste des Arcus plantaris profundus sind:

Abb. 6.117



Arterien der Fußsohle.

- ein Ast zur lateralen Seite der Kleinzehe (Ramus superficialis)
- vier Arteriae metatarsales plantares, die Äste zu den gegenüberliegenden Seiten der Zehen I – V und zur medialen Seite der Großzehe abgeben (Arteriae digitales plantares communes und Arteriae digitales plantares propriae)

604
605

- drei Rami perforantes, die zwischen den Basen der Ossa metatarsi II – V hindurchtreten und mit Gefäßen des Fußrückens anastomosieren.

Arteria plantaris medialis

Die **Arteria plantaris medialis** zieht unterhalb des proximalen Endes des Musculus abductor hallucis in die Fußsohle (Abb. 6.117). Sie gibt einen Ramus profundus für die Blutversorgung der umliegenden Muskeln ab und verläuft dann zwischen dem Musculus abductor hallucis und dem Musculus flexor digitorum brevis ventralwärts. Sie endet, indem sie mit einem Ast des Arcus plantaris profundus anastomosiert, der die mediale Seite der Großzehe versorgt.

Nahe der Basis des Os metatarsi I gibt die Arteria plantaris medialis einen Ramus superficialis ab, der sich in drei Äste teilt, die oberhalb des Musculus flexor digitorum brevis verlaufen und sich mit den Arteriae metatarsales plantares des Arcus plantaris profundus verbinden.

Arteria dorsalis pedis

Die **Arteria dorsalis pedis** ist die Fortsetzung der Arteria tibialis anterior und verläuft dorsal über das Sprunggelenk (Abb. 6.118). Sie zieht über die dorsalen Seiten von Talus, Os naviculare und Os cuneiforme intermedium nach ventral und tritt dann als Arteria plantaris profunda zwischen den beiden Köpfen des Musculus interosseus dorsalis I nach kaudal, um in den Arcus plantaris profundus der Fußsohle einzumünden. *Der Puls der Arteria dorsalis pedis kann am Fußrücken durch vorsichtige Palpation des Gefäßes gegen die darunterliegenden Fußwurzelknochen zwischen den Sehnen des Musculus flexor hallucis longus und des Musculus flexor digitorum longus zur 2. Zehe getastet werden.*

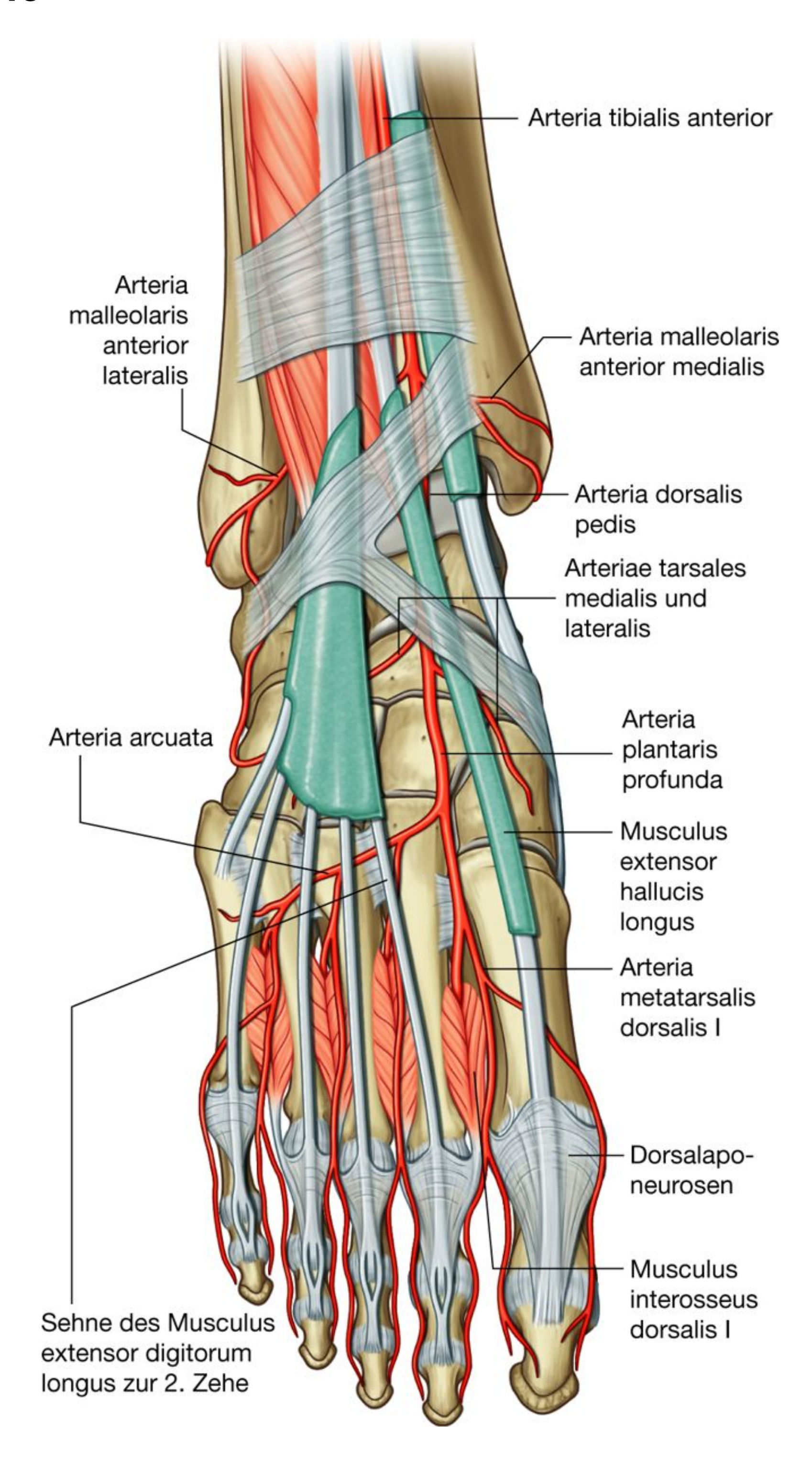
Äste der Arteria dorsalis pedis sind die Arteriae tarsales medialis und lateralis, die Arteria arcuata und die Arteria metatarsalis dorsalis I:

- Die **Arteriae tarsales** verlaufen medial und lateral über die Fußwurzelknochen, versorgen umliegende Strukturen und anastomosieren mit dem Gefäßnetzwerk im Bereich der Malleolengabel.
- Die **Arteria arcuata** verläuft nach lateral über die Basen der Mittelfußknochen und gibt drei **Arteriae metatarsales dorsales** ab. Diese speisen die **Arteriae digitales dorsales**, die ihrerseits auf die gegenüberliegenden Seiten der Zehen II – V ziehen, sowie eine Arteria digitalis dorsalis, welche die laterale Seite der Kleinzehe versorgt.

- Die **Arteria metatarsalis dorsalis I** (der letzte Ast der Arteria dorsalis pedis, bevor sie als Arteria plantaris profunda in die Fußsohle übertritt) versorgt die Arteriae digitales dorsales an den gegenüberliegenden Seiten der Zehen I und II.

Die Arteriae metatarsales dorsales verbinden sich mit den Rami perforantes des Arcus plantaris profundus und ähnlichen Ästen der Arteriae metatarsales plantares.

Abb. 6.118



Arteria dorsalis pedis.

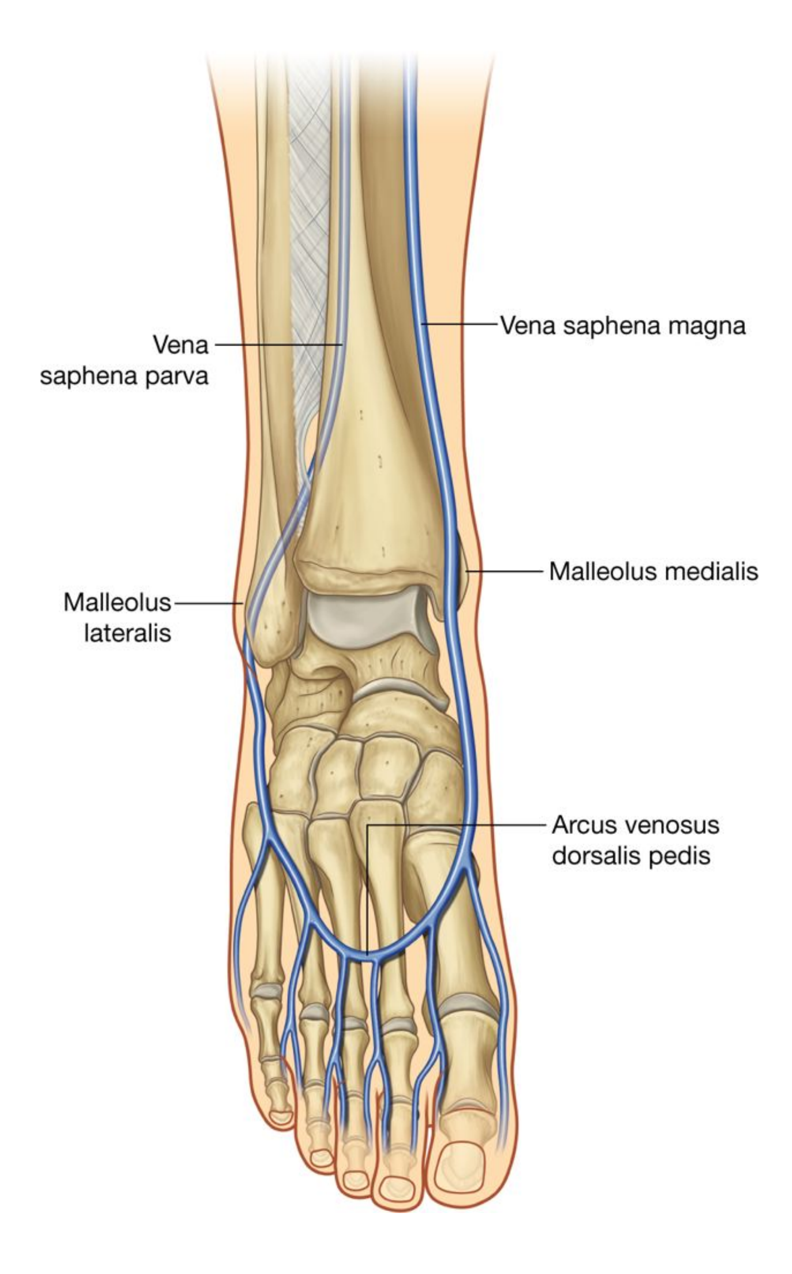
Venen

Wie am Bein gibt es auch am Fuß miteinander in Verbindung stehende Netzwerke oberflächlicher und tiefer Venen. Die tiefen Venen verlaufen mit den Arterien. Oberflächliche Venen drainieren in den Arcus venosus dorsalis pedis oberhalb der Mittelfußknochen (Abb. 6.119):

- Die **Vena saphena magna** entspringt von der medialen Seite des Arcus venosus und verläuft über den Malleolus medialis zum medialen Unterschenkel.
- Die **Vena saphena parva** entspringt an der lateralen Seite des Arcus venosus und verläuft nach dorsal zum Malleolus lateralis und von dort auf die Rückseite des Unterschenkels.

605
606

Abb. 6.119



Oberflächliche Venen des Fußes.

Nerven

Der Fuß wird von den Nervi tibialis, fibularis profundus, fibularis superficialis, suralis und saphenus innerviert:

- Alle fünf Nerven tragen zur Hautsensibilität oder zur allgemeinen Sensibilität bei.
- Der Nervus tibialis innerviert alle intrinsischen Muskeln des Fußes mit Ausnahme des Musculus extensor digitorum brevis, der vom Nervus fibularis profundus innerviert wird.
- Der Nervus fibularis profundus trägt außerdem zur Innervation der Musculi interossei dorsales I und II bei.

Nervus tibialis

Der **Nervus tibialis** tritt durch den Tarsaltunnel dorsal des Malleolus medialis in den Fuß. Im Tarsaltunnel liegt der Nerv lateral der Arteria tibialis posterior und gibt die **Rami calcanei mediales** ab, die durch das Retinaculum musculorum flexorum treten und die Ferse innervieren. In der Mitte zwischen Malleolus medialis und Ferse teilt sich der Nervus tibialis zusammen mit der Arteria tibialis posterior in (Abb. 6.120)

- einen größeren Nervus plantaris medialis
- einen kleineren Nervus plantaris lateralis

Die Nervi plantares lateralis und medialis verlaufen gemeinsam mit den entsprechenden Arterien.

Nervus plantaris medialis

Der **Nervus plantaris medialis** ist der sensible Hauptnerv der Fußsohle (Abb. 6.120). Er innerviert die Haut an den ventralen zwei Dritteln der Fußsohle und den angrenzenden medialen dreieinhalb Zehen inklusive der Großzehe. Außer diesem großen plantaren Hautareal innerviert der Nerv drei intrinsische Muskeln, die Musculi abductor hallucis, flexor digitorum brevis und lumbricalis I.

Der Nervus plantaris medialis verläuft unterhalb des Musculus abductor hallucis in die Fußsohle und gelangt dann zwischen Musculus abductor hallucis und Musculus flexor digitorum brevis nach ventral.

Der Nervus plantaris medialis gibt einen Ast an die mediale Seite der Großzehe ab **(Nervus digitalis plantaris proprius)** und teilt sich auf der Plantarfläche des Musculus flexor digitorum brevis in drei Nervenäste **(Nervi digitales plantares communes)**, die nach ventral verlaufen und in Nervi digitales plantares proprii übergehen. Letztere innervieren die gegenüberliegenden Oberflächen der Zehen I – IV. Der Nerv zum

Musculus lumbricalis I oder zu den Musculi lumbricales I und II (variabel) geht aus dem Nervus digitalis plantaris communis I hervor.

Nervus plantaris lateralis

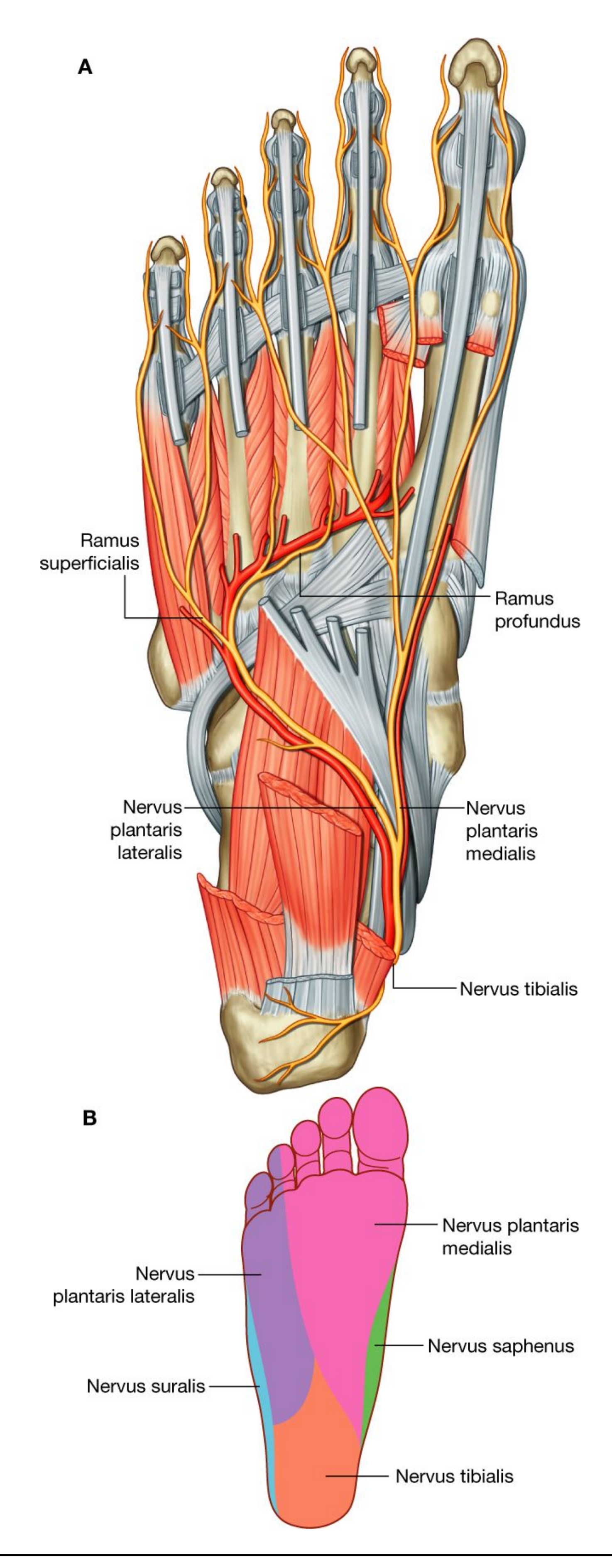
Der **Nervus plantaris lateralis** ist ein wichtiger motorischer Fußnerv, da er alle intrinsischen Muskeln der Fußsohle mit Ausnahme der Musculi abductor hallucis, flexor digitorum brevis und lumbricalis I oder I und II innerviert, die durch den Nervus plantaris medialis innerviert werden (Abb. 6.120). Außerdem innerviert er ein Hautareal an der lateralen Seite der ventralen zwei Drittel der Fußsohle sowie die plantare Oberfläche der lateralen eineinhalb Zehen.

Der Nervus plantaris lateralis tritt unterhalb des Ursprungs des Musculus abductor hallucis in die Fußsohle. Er verläuft weiter zwischen den Musculi flexor digitorum brevis und quadratus plantae nach ventrolateral und gibt Äste an die beiden Muskeln ab. Nahe der Basis des Os metatarsi V teilt er sich in einen tiefen (Ramus profundus) und einen oberflächlichen Ast (Ramus superficialis).

Der **Ramus superficialis** des Nervus plantaris lateralis gibt einen **Nervus digitalis plantaris proprius** zur Hautinnervation an der lateralen Kleinzehe sowie einen **Nervus digitalis plantaris communis** ab, der sich wiederum teilt, um die Haut der gegenüberliegenden Seiten der 4. und 5. Zehe zu innervieren.

606

Abb. 6.120


A
Ramus superficialis
Ramus profundus
Nervus plantaris lateralis
Nervus plantaris medialis
Nervus tibialis
B
Nervus plantaris medialis
Nervus plantaris lateralis
Nervus saphenus
Nervus suralis
Nervus tibialis

Nervi plantares lateralis und medialis. **A**. Linke Fußsohle. **B**. Innervation der Haut.

Der Nervus digitalis plantaris proprius tritt zur lateralen Seite der Kleinzehe und innerviert außer der Haut die Musculi flexor digiti minimi brevis sowie interossei dorsalis und plantaris zwischen den Ossa metatarsi IV und V.

Klinik

Morton-Neuralgie

Unter einem Morton-Syndrom versteht man das anfallsweise Auftreten einseitiger Schmerzen in den distalen Mittelfußknochen (IV, seltener III oder II) mit Ausstrahlung in die beiden Nachbarzehen. Die Neuralgie ist auch durch Druck an der Fußsohle auslösbar. Das Syndrom beruht auf Reizung der Plantarnerven bei Senk-Spreiz-Fuß. Der Nerv oder die Nerven sind infolge ischämischer Fibrose nach primärer Gefäßdegeneration meist spindelförmig aufgetrieben. Meist betrifft die Morton-Neuralgie den Nervus digitalis plantaris communis im Zwischenraum zwischen 3. und 4. Zehe. In dieser Region vereinigt sich der Nervus plantaris medialis häufig mit dem Nervus plantaris lateralis. Wenn sich zwei Nerven vereinigen, besitzt der daraus hervorgehende Nerv typischerweise einen etwas größeren Durchmesser. Außerdem liegt er weiter subkutan direkt oberhalb des Fußsohlenfettpolsters nahe der Arteria und Vena plantaris medialis. Über dem Nerv liegt das Ligamentum metatarsale transversum profundum, das als kräftiges Band die Ossa metatarsi zusammenhält. Typischerweise wird der Nerv in der Abdruckphase beim Gehen zwischen dem Boden und dem Ligamentum metatarsale transversum profundum eingeklemmt. Die Kräfte bewirken eine Kompression des Nervus digitalis plantaris communis, der dadurch gereizt werden kann. Das kann mit Entzündung und Verdickung des Nervs einhergehen.

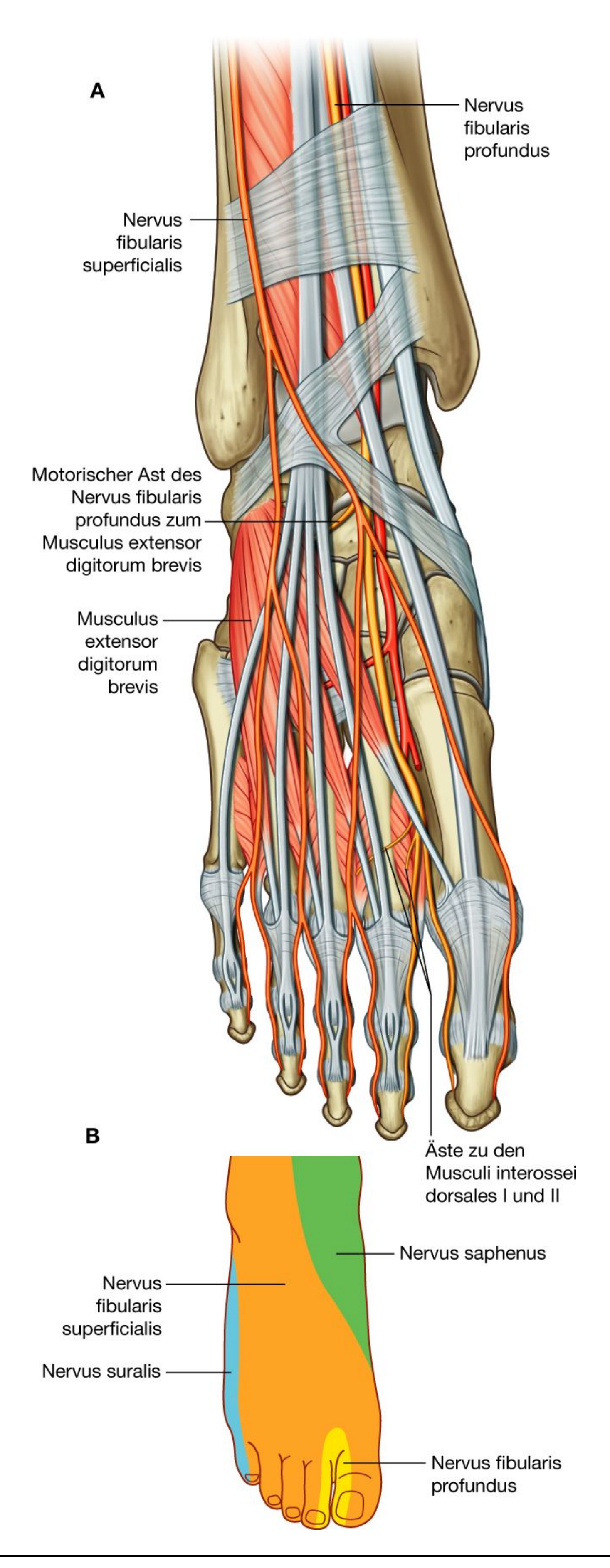
Typischerweise stellen sich die Patienten mit Schmerzen im dritten Zwischenzehenraum vor, die durch Tragen festen Schuhwerks und durch Gehen verstärkt werden.

Das Krankheitsbild kann durch Injektion antiinflammatorischer Medikamente behandelt werden. Gelegentlich ist auch eine operative Entfernung des Neuroms nötig.

Der **Ramus profundus** des Nervus plantaris lateralis ist ein rein motorischer Nerv, der mit der Arteria plantaris lateralis unterhalb der langen Beugersehnen und dem Musculus adductor hallucis verläuft. Er gibt Äste an die Musculi lumbricalis III und IV (manchmal auch II), den Musculus adductor hallucis und alle Musculi interossei ab. Ausgenommen 607

608 sind davon die Musculi interossei zwischen den Ossa metatarsi IV und V, die vom Ramus superficialis innerviert werden.

Abb. 6.121


A
Nervus fibularis profundus
Nervus fibularis superficialis
Motorischer Ast des Nervus fibularis profundus zum Musculus extensor digitorum brevis
Musculus extensor digitorum brevis
Äste zu den Musculi interossei dorsales I und II
B
Nervus saphenus
Nervus fibularis superficialis
Nervus suralis
Nervus fibularis profundus

A. Endäste der Nervi fibulares superficialis und profundus am Fuß. **B**. Innervation der Haut.

Nervus fibularis profundus

Der **Nervus fibularis profundus** innerviert den Musculus extensor digitorum brevis, trägt zur Innervation der ersten beiden Musculi interossei dorsales bei und innerviert die Haut der gegenüberliegenden Seiten der 1. und 2. Zehe und den entsprechenden Zwischenzehenraum sensibel (Abb. 6.121).

Der Nerv gelangt medial von der Arteria dorsalis pedis auf den Fußrücken und verläuft parallel zur der Sehne des Musculus extensor hallucis longus. Distal des Sprunggelenks gibt er einen Ramus lateralis ab, der den Musculus flexor digitorum brevis von der Unterfläche her innerviert.

Der Nervus fibularis profundus zieht weiter nach ventral, tritt zwischen den Ossa metatarsi I und II durch die Faszie und teilt sich in zwei **Nervi digitales dorsales**, die die Haut über den einander zugewandten Seiten der 1. und 2. Zehe versorgen.

Kleine motorische Äste, die zur Innervation der beiden Musculi interossei dorsales beitragen, gehen aus dem Nervus fibularis profundus ab, bevor er durch die Faszie tritt.

Nervus fibularis superficialis

Der **Nervus fibularis superficialis** innerviert einen großen Teil der Haut des Fußrückens und der Zehen mit Ausnahme der Haut zwischen der 1. und 2. Zehe und der Haut an der lateralen Fußseite und der Kleinzehe sensibel (Abb. 6.121).

Der Nervus fibularis superficialis tritt auf der anterolateralen Seite des Unterschenkels durch die Fascia cruris und gelangt in der Faszie auf den Fußrücken. Er gibt auf seinem Weg Hautäste und die **Nervi digitales dorsales** ab.

Nervus suralis

Der Nervus suralis ist der Hautast des Nervus tibialis, der im oberen Bereich des Unterschenkels entspringt. Er gelangt dorsal des Malleolus lateralis in der Nähe der Vena saphena parva auf den Fuß. Seine Endäste innervieren die Haut an der lateralen Fußseite und der dorsolateralen Oberfläche der Kleinzehe (Abb. 6.121B).

Nervus saphenus

Der Nervus saphenus ist der Hautast des Nervus femoralis, der am Oberschenkel entspringt. Seine Endäste gelangen mit der Fascia cruris auf der medialen Seite des Knöchels auf den Fuß und innervieren die Haut an der medialen Seite des proximalen Fußabschnitts (Abb. 6.121B).

608

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie der unteren Extremität

Sehnen, Muskeln und knöcherne Landmarken der unteren Extremität können genutzt werden, um die Hauptarterien, venen und nerven zu lokalisieren (Abb. 6.122).

Da die Gefäße groß sind, können sie als Punktionsorte des Gefäßsystems genutzt werden. Zusätzlich sind die Gefäße der unteren Extremität am weitesten vom Herz entfernt und liegen am weitesten kaudal im menschlichen Körper. Aus diesem Grund können die peripheren Pulse der unteren Extremität Aufschluss über den Status des gesamten Kreislaufsystems geben.

Sensibilität und Motorik der unteren Extremität werden genutzt, um lumbale und sakrale Regionen des Rückenmarks zu beurteilen.

Abb. 6.122



Darstellung der unteren Extremitäten. **A**. Untere Extremitäten in der Ansicht von ventral. **B**. Untere Extremitäten in der Ansicht von posterolateral. **C**. Ansicht von medial auf den linken Fuß und den distalen Unterschenkel. **D**. Ansicht von dorsal auf den linken Fußrücken.

Vermeidung von Injektionsschäden des Nervus ischiadicus

Der Nervus ischiadicus innerviert die Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Oberschenkels, die Muskeln von Unterschenkel und Fuß und ein großes Hautareal der unteren Extremität. Er tritt in der Glutealregion in die untere Extremität (Abb. 6.123) über und verläuft zwischen Trochanter major und Tuber ischiadicum, die beide tastbar sind, kaudalwärts. Der Trochanter major kann als knöcherner Vorsprung eine Handbreit distal der Mitte der Crista iliaca getastet werden. Das Tuber ischiadicum ist direkt oberhalb der Glutealfalte tastbar.

Die Glutealregion lässt sich anhand der knöchernen Orientierungshilfen durch zwei Linien in vier Quadranten unterteilen.

- Eine Linie verläuft vom höchsten Punkt der Crista iliaca kaudalwärts.
- Die andere Linie verläuft horizontal durch die erste Linie, und zwar in der Mitte zwischen dem höchsten Punkt der Crista iliaca und der Horizontalebene durch das Tuber ischiadicum.

Der Nervus ischiadicus schlingt sich durch die obere laterale Ecke des unteren medialen Quadranten und verläuft entlang dem medialen Rand des unteren lateralen Quadranten nach kaudal. Injektionen können in der ventralen Ecke des oberen lateralen Quadranten durchgeführt werden, um Verletzungen des Nervus ischiadicus und der Hauptgefäße der Region zu vermeiden (Abb. 6.123B).

Auffinden der Arteria femoralis im Trigonum femorale

Die Arteria femoralis tritt, als Arteria iliaca externa vom Abdomen kommend, unterhalb des Leistenbandes durch die Lacuna vasorum in das Trigonum femorale der unteren Extremität (Abb. 6.124).

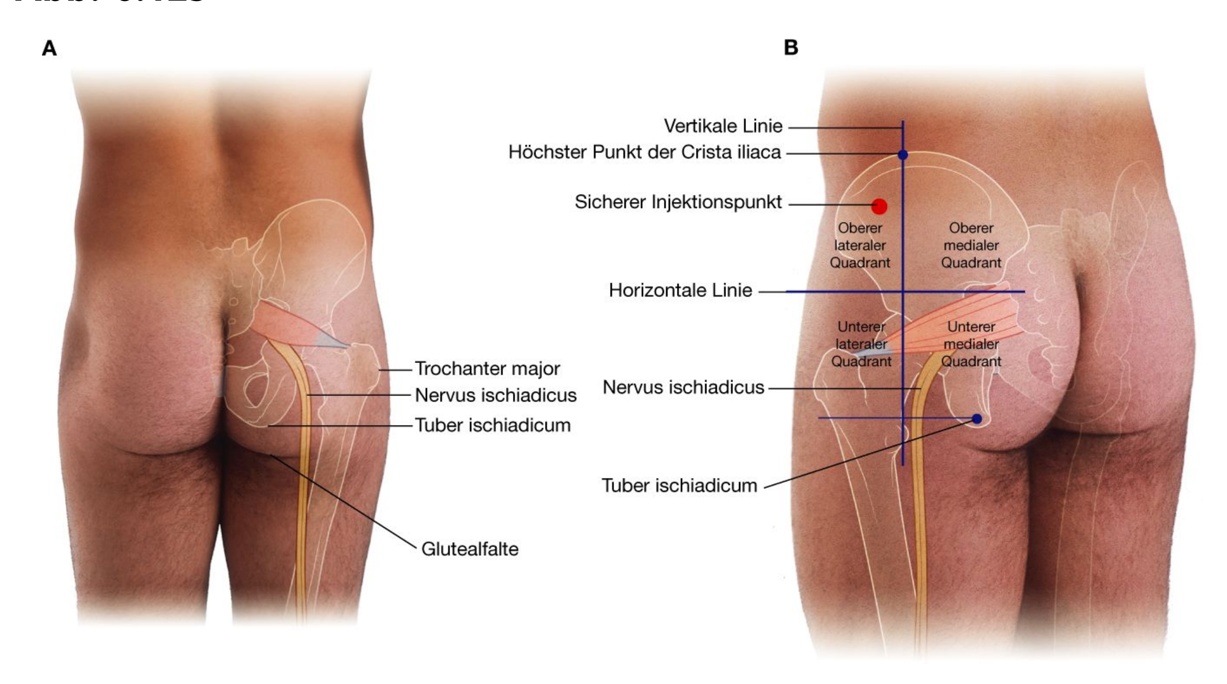
Das Trigonum femorale (Schenkeldreieck) ist eine Vertiefung im Bereich der Oberschenkelvorderseite, die durch den medialen Rand des Musculus adductor longus, den medialen Rand des Musculus sartorius und das Ligamentum inguinale begrenzt wird.

Die Sehne des Musculus adductor longus ist als strangartige Struktur direkt unterhalb des Tuberculum pubicum tastbar.

Der Musculus sartorius entspringt von der Spina iliaca anterior superior und kreuzt ventral über den Oberschenkel, um im Bereich der medialen Tibia unterhalb des Kniegelenks am Pes anserinus superficialis anzusetzen.

Das Ligamentum inguinale ist lateral an der Spina iliaca anterior superior und medial am Tuberculum pubicum befestigt.

Abb. 6.123

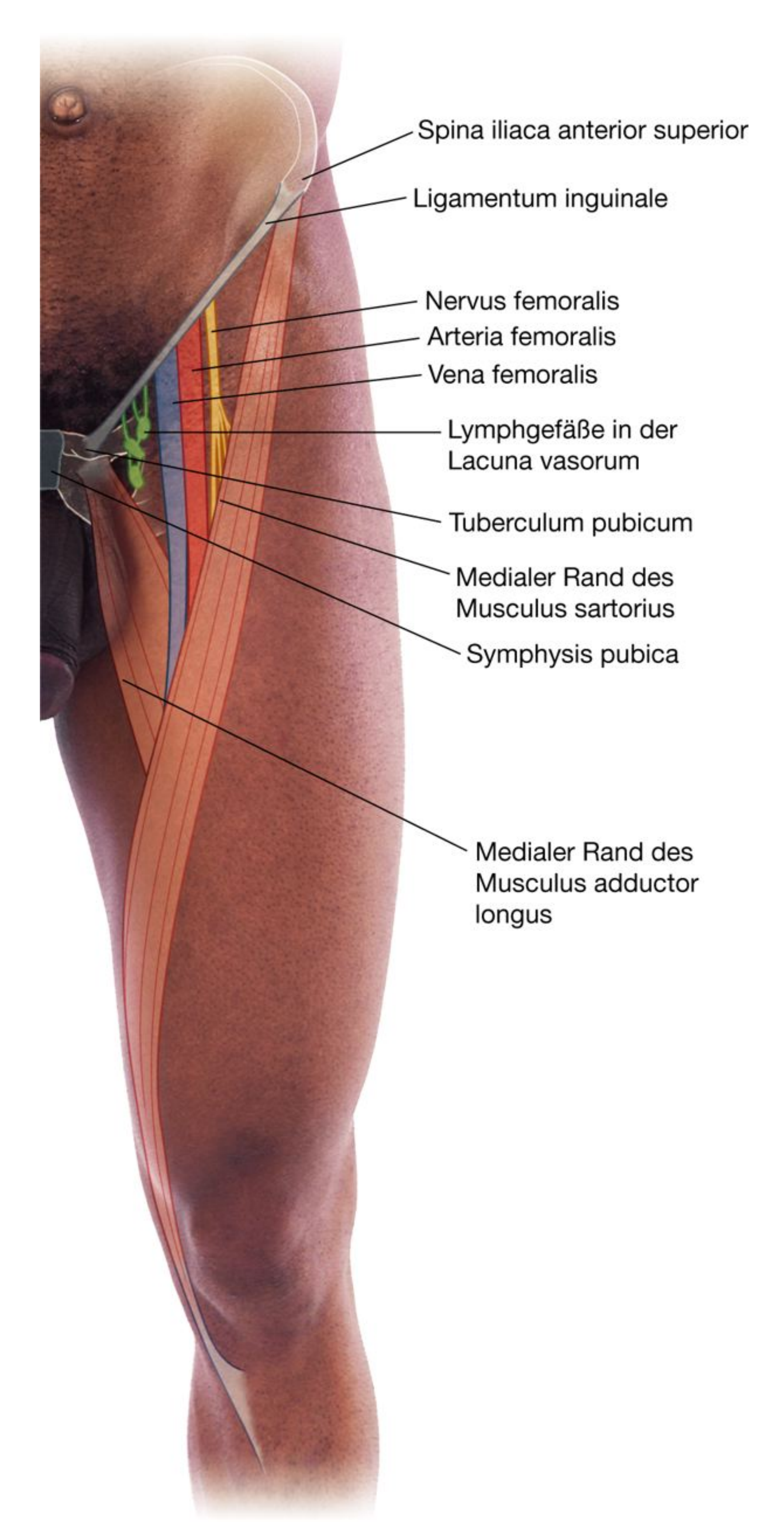


Vermeidung von Injektionsschäden des Nervus ischiadicus. **A**. Ansicht von dorsal auf die Glutealregion eines Mannes mit Verlauf des Nervus ischiadicus. **B**. Ansicht von posterolateral auf die linke Glutealregion mit den Quadranten und dem Verlauf des Nervus ischiadicus.

Die Arteria femoralis geht unterhalb des Ligamentum inguinale in der Lacuna vasorum aus der Arteria iliaca externa hervor und zieht in das Trigonum femorale des Oberschenkels. Ihr Puls ist direkt unterhalb des Ligamentum inguinale in der Mitte zwischen Symphyse und Spina iliaca anterior superior palpabel. Medial der Arterie verläuft die Vena femoralis, und wiederum medial davon verlaufen Lymphgefäße und liegen tiefe inguinale Lymphknoten, wie der Rosenmüller-Lymphknoten, die direkt lateral des Tuberculum pubicum liegen. Der Nervus femoralis tritt lateral der Arteria femoralis durch die Lacuna musculorum in den Oberschenkel über.

610
611

Abb. 6.124



Position der Arteria femoralis im Trigonum femorale. Oberschenkelvorderseite.

Identifizierung von Strukturen am Knie

Die Patella ist eine prominente tastbare Landmarke des Kniegelenks. Die Sehne des Musculus quadriceps femoris setzt kranial an der Patella an; das Ligamentum patellae verbindet den Unterrand der Kniescheibe mit der Tuberositas tibiae (Abb. 6.125). Ligamentum patellae und Tuberositas tibiae sind gut palpierbar. Ein Schlag auf die Patellarsehne mit dem Reflexhammer überprüft die Reflexe für die Spinalnerven L3 und L4.

Das Fibulaköpfchen ist als Höcker an der lateralen Oberfläche des Kniegelenks direkt unterhalb des Condylus lateralis der Tibia tastbar. Es kann auch lokalisiert werden, indem man die Sehne des Musculus biceps femoris kaudalwärts verfolgt.

Der Nervus fibularis communis zieht um die laterale Oberfläche des Collum fibulae und ist an dieser Stelle häufig als strangartige Struktur tastbar.

Eine weitere Struktur, die normalerweise an der lateralen Seite des Kniegelenks tastbar ist, ist der Tractus iliotibialis. Diese flache Bindegewebsplatte, die am Condylus lateralis der Tibia (Tuberculum Gerdy) ansetzt, ist am besten am gestreckten Knie zu erkennen. In dieser Stellung bildet der ventrale Rand des Tractus eine scharfe vertikale Hautfalte dorsal des lateralen Patellarandes.

Darstellung des Inhalts der Fossa poplitea

Die Fossa poplitea (Kniekehle) ist eine rhombenförmige Vertiefung zwischen den ischiokruralen Muskeln und dem Musculus gastrocnemius hinter dem Kniegelenk. Der Unterrand des Rhombus wird vom Caput laterale und Caput mediale des Musculus gastrocnemius gebildet. Der Oberrand wird lateral durch den Musculus biceps femoris und medial durch die Musculi semimembranosus und semitendinosus gebildet. Die Sehnen der Musculi biceps femoris und semitendinosus sind tastbar und häufig auch sichtbar.

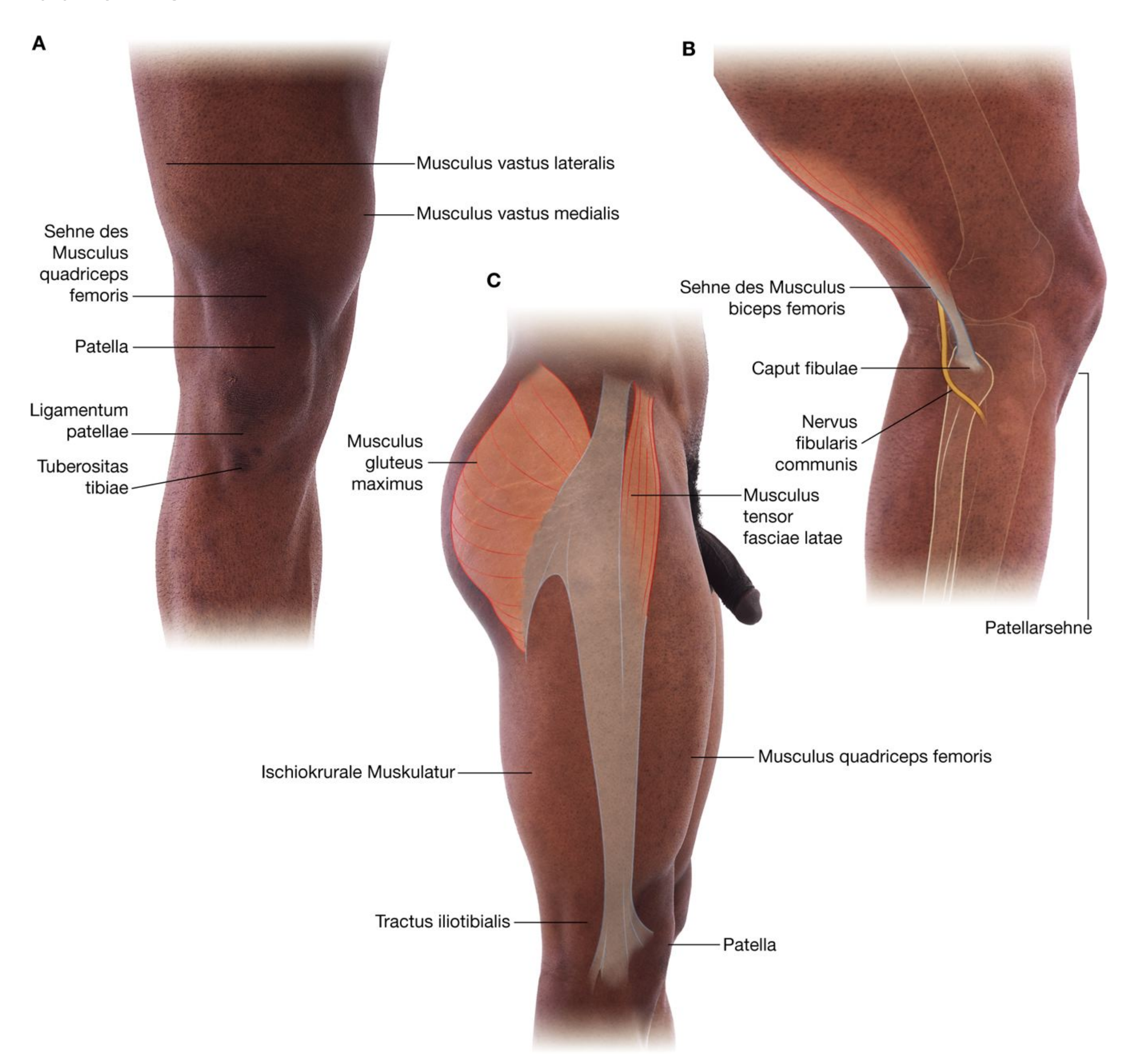
Das Caput fibulae ist an der lateralen Seite des Kniegelenks tastbar und kann als Landmarke zur Identifizierung der Sehne des Musculus biceps femoris und des Nervus fibularis communis, der sich lateral aus der Fossa poplitea und um das Collum fibulae schlingt, genutzt werden.

Die Fossa poplitea enthält die Arteria poplitea, die Vena poplitea, den Nervus tibialis und den Nervus fibularis communis (Abb. 6.126). Die Arteria poplitea liegt am tiefsten in der Kniekehle und gelangt an der oberen medialen Seite in die Fossa poplitea. Aufgrund ihrer Lage ist der Puls der Arteria poplitea schwer auffindbar, kann aber durch tiefe Palpation medial der Mitte der Kniekehle meist getastet werden.

Die Vena saphena parva tritt im oberen Bereich des Unterschenkels durch die Fascia cruris und mündet in die Vena poplitea ein.

611

Abb. 6.125



Identifizierung von Strukturen am Knie. **A**. Ansicht des rechten Knies von ventral. **B**. Ansicht von lateral auf das leicht gebeugte rechte Knie. **C**. Ansicht von lateral auf das gestreckte rechte Knie, den Oberschenkel und die Glutealregion.

Auffinden des Tarsaltunnels – ein Weg in den Fuß

Der Tarsaltunnel (Abb. 6.127) wird an der medialen Seite des Fußes durch die Rinne zwischen Malleolus medialis und Tuber calcanei sowie dem darüberliegenden Retinaculum musculorum flexorum gebildet.

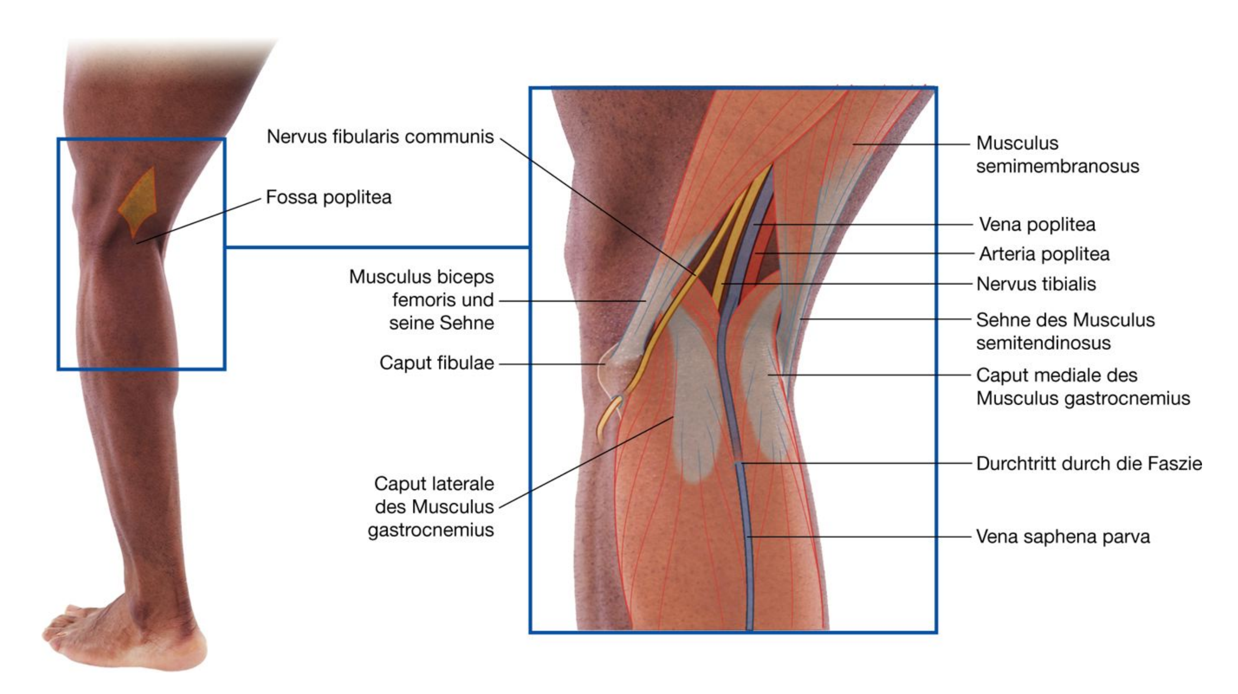
Arteria tibialis posterior und Nervus tibialis ziehen durch den Tarsaltunnel in den Fuß. Die Sehnen der Musculi tibialis posterior, flexor hallucis longus und flexor digitorum longus treten in eigenen Kompartimenten durch den Tarsaltunnel, die von Septen des Retinaculum musculorum flexorum gebildet werden.

Die Reihenfolge der Strukturen ist von anteromedial nach posterolateral: Sehne des Musculus tibialis posterior, Sehne des Musculus flexor digitorum longus, Arteria tibialis posterior und Begleitvenen, Nervus tibialis und Sehne des Musculus flexor hallucis longus.

Die Arteria tibialis posterior ist dorsokaudal des Malleolus medialis in der sichtbaren Rinne zwischen Calcaneus und Malleolus medialis tastbar.

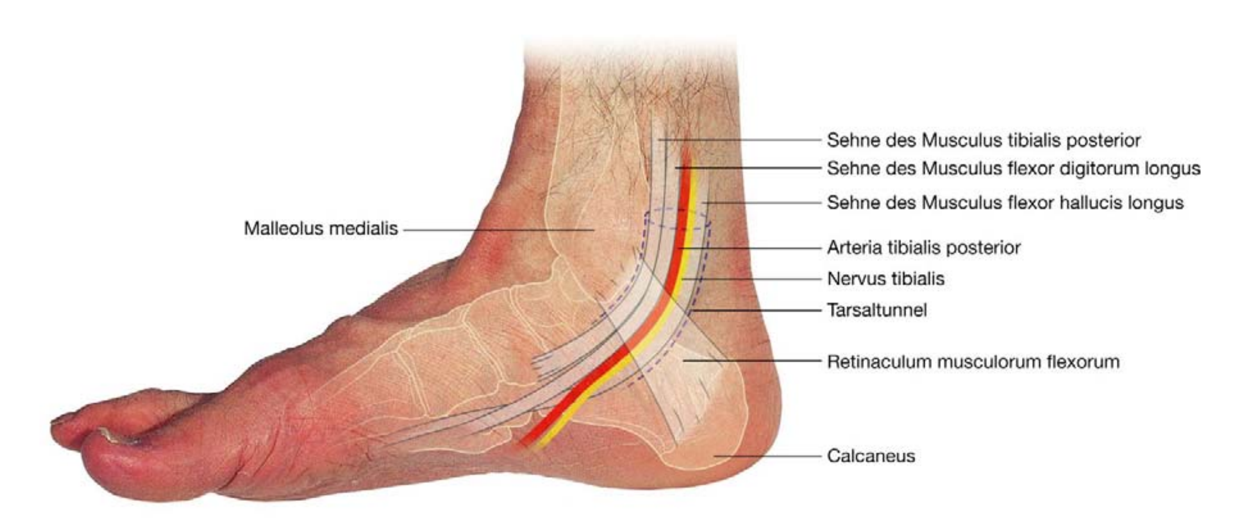
612
613

Abb. 6.126



Darstellung des Inhalts der Fossa poplitea. Ansicht von dorsal auf das linke Knie.

Abb. 6.127



Auffinden des Tarsaltunnels – ein Weg in den Fuß.

Identifizierung der Sehnen an Malleolengabel und Fuß

An Knöchel und Fuß können zahlreiche Sehnen identifiziert werden (Abb. 6.128), die als hilfreiche Landmarken zur Lokalisation von Gefäßen oder zur Prüfung von Reflexen dienen.

Die Sehne des Musculus tibialis anterior ist ventral des Malleolus medialis sichtbar.

Die Achillessehne ist die größte Sehne, die in den Fuß gelangt. Sie tritt am Fußrücken deutlich hervor. Ein Schlag mit dem Reflexhammer prüft vorwiegend die Spinalsegmente S1 und S2.

613
614

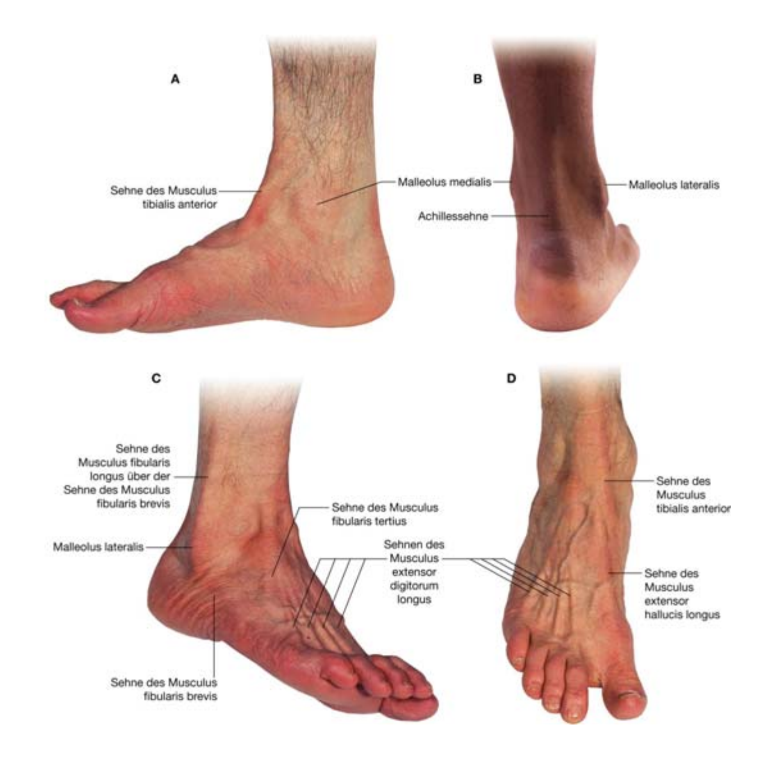
Bei der Eversion des Fußes bilden die Sehnen der Musculi fibulares longus und brevis eine gerade Hautfalte, die vom distalen Unterschenkel zum Hinterrand des Malleolus lateralis zieht.

Die Sehne des Musculus fibularis brevis ist häufig am lateralen Fußrand sichtbar, da sie hier schräg zur Basis des Os metatarsi V zieht. Die Sehnen der Musculi fibularis tertius, extensor digitorum longus und extensor hallucis longus sind von lateral nach medial am Fußrücken sichtbar.

Auffinden der Arteria dorsalis pedis

Der Puls der Arteria dorsali pedis (Abb. 6.129) ist zur Beurteilung der peripheren Durchblutung von Bedeutung, da die Arteria dorsalis pedis die am weitesten vom Herzen entfernte tastbare Arterie ist.

Abb. 6.128

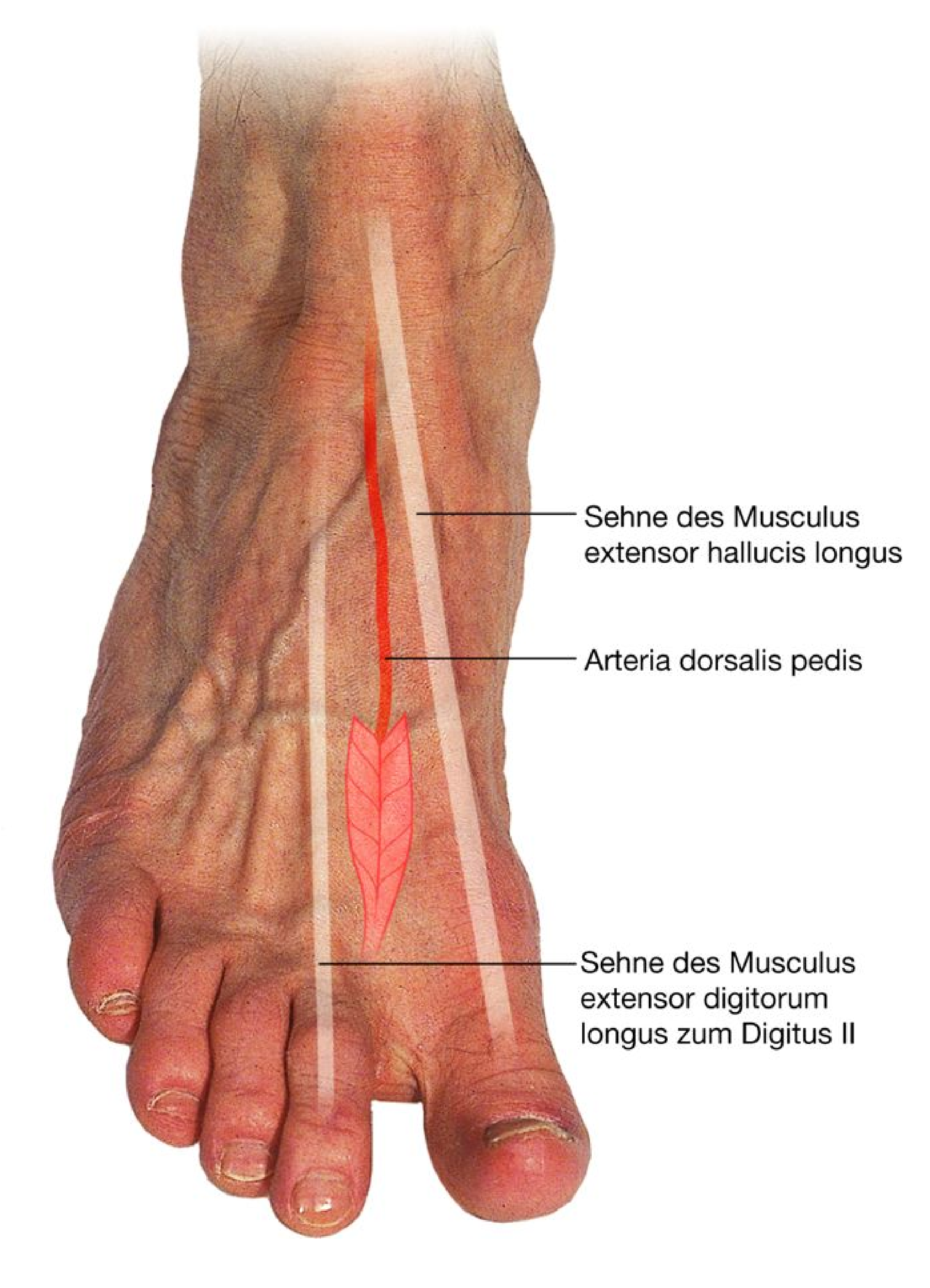


Identifizierung der Sehnen an Malleolengabel und Fuß. **A**. Mediale Seite des rechten Fußes. **B**. Dorsale Ansicht des rechten Fußes. **C**. Ansicht von lateral auf den rechten Fuß. **D**. Rechter Fußrücken.

Die Arteria dorsalis pedis verläuft auf dem Fußrücken und ventral über die Fußwurzelknochen. Hier tritt sie zwischen und parallel zu den Sehnen des Musculus extensor hallucis longus und des Musculus extensor digitorum longus zur 2. Zehe aus und ist tastbar. Der Endast der Arteria dorsalis pedis verläuft zwischen den beiden Köpfen des Musculus interosseus dorsalis I zur Fußsohle.

614
615

Abb. 6.129



Auffinden der Arteria dorsalis pedis.

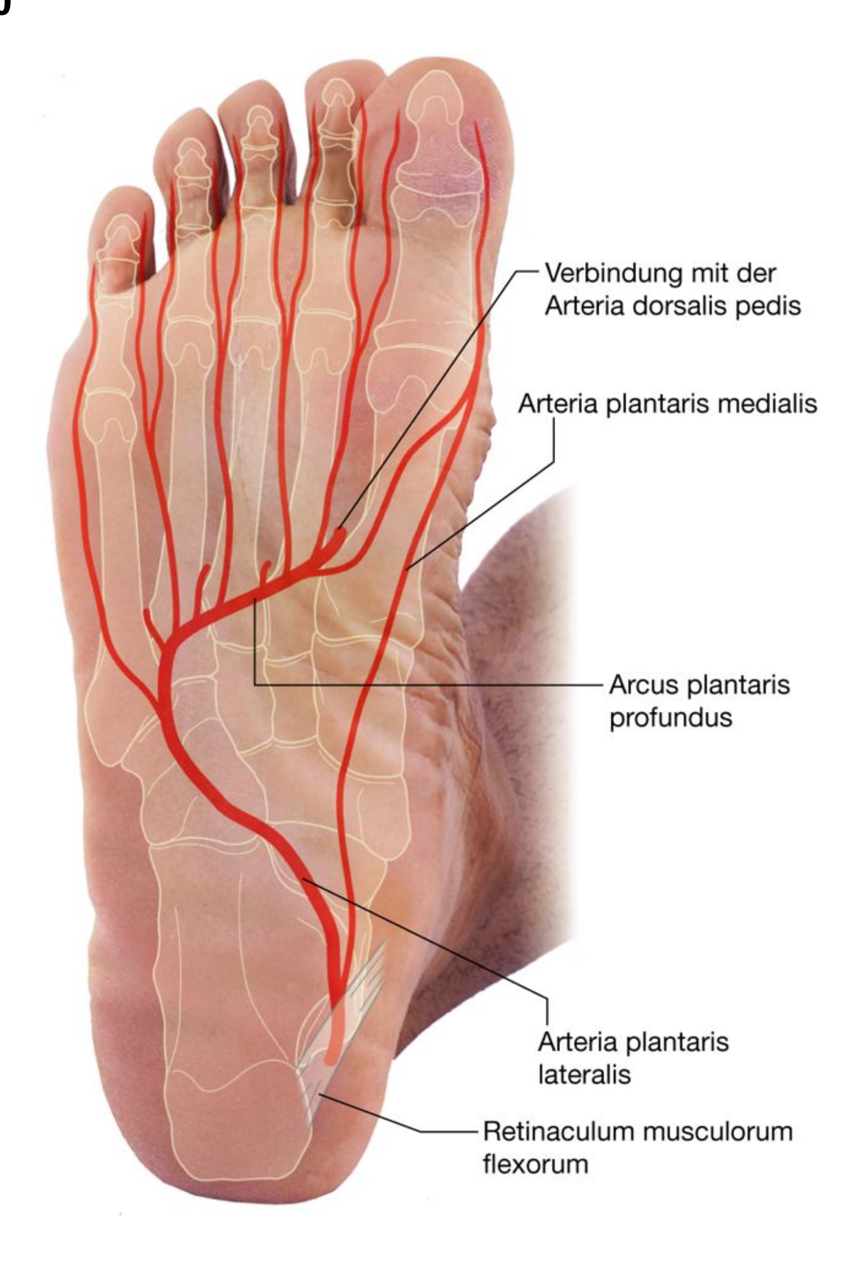
Abschätzen der Position des Arcus plantaris profundus

Die Blutversorgung des Fußes wird über Äste der Arteria tibialis posterior und der Arteria dorsalis pedis gewährleistet.

Die Arteria tibialis posterior tritt durch den Tarsaltunnel zur Fußsohle über und teilt sich in eine Arteria plantaris medialis und eine Arteria plantaris lateralis.

Die Arteria plantaris lateralis zieht nach lateral über die dorsale Hälfte der Fußsohle und weiter auf der ventralen Hälfte als Arcus plantaris profundus nach medial (Abb. 6.130). Zwischen den Basen der Ossa metatarsi I und II verbindet sich der Arcus plantaris profundus mit dem Endast der Arteria dorsalis pedis (Arteria plantaris profunda). Der größte Anteil des Fußes wird über den Arcus plantaris profundus mit Blut versorgt.

Abb. 6.130



Position des Arcus plantaris profundus.

Die Arteria plantaris medialis verläuft in der Fußsohle nach ventral, verbindet sich mit Ästen des Arcus plantaris profundus und versorgt die mediale Seite der Großzehe.

Große oberflächliche Venen

Die oberflächlichen Venen der unteren Extremität sind häufig erweitert. Außerdem sind die Venen sehr lang und können chirurgisch entnommen werden, um an anderen Körperstellen als Gefäßtransplantate genutzt zu werden *(beispielsweise in der Herzchirurgie als Bypässe)*.

Die oberflächlichen Venen (Abb. 6.131) der unteren Extremität entspringen als Arcus venosus dorsalis pedis am Fuß. Die mediale Seite des Arcus verläuft als Vena saphena magna ventral des Malleolus medialis kranialwärts über den medialen Unter- und medialen Oberschenkel. Die Vene tritt durch eine Öffnung in der Fascia lata (Hiatus saphenus) und mündet im Trigonum femorale in die Vena femoralis.

An der lateralen Seite des Arcus venosus dorsalis pedis verläuft die Vena saphena parva hinter dem Malleolus lateralis über die Rückseite des Unterschenkels. Sie tritt im kranialen Abschnitt des Unterschenkels duch die Fascia poplitea und mündet in der Fossa poplitea in die Vena poplitea.

615

616

Abb. 6.131

Große oberflächliche Venen. **A**. Rechter Fußrücken. **B**. Rechte untere Extremität in der Ansicht von ventral. **C**. Dorsale Ansicht des linken Oberschenkels, Unterschenkels und Fußes.

Pulse

Der periphere Puls kann an vier Stellen der unteren Extremität getastet werden (Abb. 6.132):

- der Puls der Arteria femoralis im Trigonum femorale: Die Arteria femoralis liegt kaudal vom Ligamentum inguinale und in der Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und Symphyse.
- der Puls der Arteria poplitea in der Fossa poplitea: Die Arteria poplitea liegt in der Tiefe der Fossa poplitea medial der Mittellinie.
- der Puls der Arteria tibialis posterior im Tarsaltunnel: Die Arteria tibialis posterior verläuft dorsokaudal des Malleolus medialis im Sulcus zwischen Malleolus medialis und Tuber calcanei.
- der Puls der Arteria dorsalis pedis auf dem Fußrücken: Die Arteria dorsalis pedis verläuft distal über die Fußwurzelknochen zwischen den Sehnen des Musculus extensor hallucis longus und des Musculus extensor digitorum longus zur 2. Zehe.

616
617

Abb. 6.132



Auffinden der peripheren Pulse in der unteren Extremität.

617

Klinische Fälle

Fall 1

Varizen

Eine junge Frau stellt sich mit einer Reihe von großen, dilatierten und gewundenen Venen am rechten Unterschenkel beim Gefäßchirurgen vor. Das restliche Bein ist unauffällig.

Der Gefäßchirurg stellt die Diagnose einer Varikose und versucht, die Klappeninsuffizienz zu lokalisieren.

Es gibt typische Stellen, an denen Venenklappeninsuffizienzen auftreten, und zwar zwischen den tiefen und oberflächlichen Venen. An diesen Stellen kommt es zur Ausbildung von Varizen. Die typischen Lokalisationen sind

- *am Hiastus saphenus, an der Stelle, an der die Vena saphena magna in die Vena femoralis fließt*
- *die Vena perforans am mittleren Oberschenkel, die zwischen Vena saphena magna und Vena femoralis verläuft und nach Boyd bezeichnet ist*
- *im Bereich der Wade die drei Venae perforantes 5, 10 und 15 cm oberhalb des Malleolus medialis zwischen Vena saphena magna und den tiefen Venen der Wade (Cockett I, II, III)*
- *an der Verbindungsstelle zwischen Vena saphena parva und Vena poplitea (Dodd).*

Der Chirug bittet die Patientin, sich auf den Rücken zu legen, und hebt das Bein an. Unterhalb des Hiatus saphenus wird eine Manschette um den Oberschenkel gelegt, und die Patientin wird gebeten aufzustehen. Dabei zeigt sich keine Füllung der Venen am medialen Oberschenkel oder Unterschenkel.

Die Manschette bewirkt, dass die Vena saphena magna komprimiert wird, während weiterhin Blut durch die tiefen Venen fließt.

Da sich zunächst keine der oberflächlichen Venen unterhalb der Manschette füllt, geht der Chirurg davon aus, dass die Venenklappe an der saphenofemoralen Verbindungsstelle insuffizient ist und empfiehlt eine operative Behandlung.

Nach längerem Warten bemerkt der Chirurg aber auch die Füllung von oberflächlichen Venen an der dorsalen und dorsolateralen Wade.

Eine ähnliche Technik wird jetzt mit der Manschette direkt unterhalb des Kniegelenks ausgeführt. Als die Patientin aufsteht, treten keine Venen am dorsalen und dorsolateralen Unterschenkel mehr auf, sodass der Chirurg davon ausgeht, dass auch die Venenklappe an der Verbindungsstelle zwischen Vena saphena parva und Vena poplitea insuffizient ist.

Es wird eine Varizenoperation geplant.

Dabei wird eine kleine quere Inzision unterhalb des Ligamentum inguinale, an der Stelle, an der die Vena saphena magna durch den Hiatus saphenus zieht, durchgeführt. Der Venenstern wird identifiziert, die Vena saphena magna wird präpariert und ligiert und im Anschluss daran mittels „Venenstripping“ entfernt.

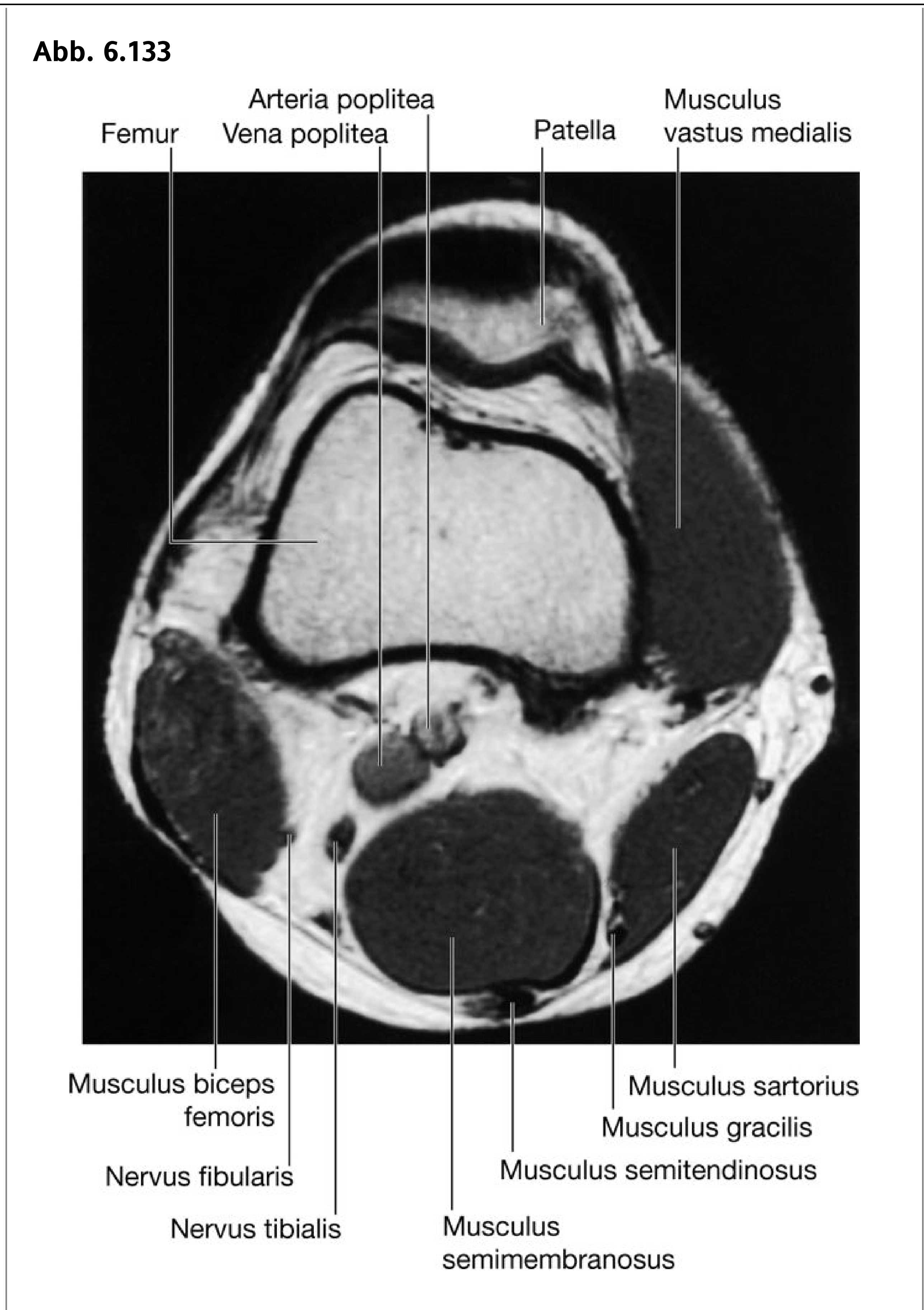
Für den zweiten Teil der Operation wird die Patientin in Bauchlage gebracht. Eine quere Inzision wird auf Höhe der Hautfalte in der Fossa poplitea durchgeführt. Der Chirurg hat aber Schwierigkeiten, die Verbindungsstelle zwischen Vena saphena parva und Vena poplitea zu identifizieren. Nach einiger Zeit denkt er, die Stelle gefunden zu haben, ligiert die vermutete Vena saphena parva und schließt die Wunde.

Am nächsten Tag wird die Patientin nach Hause geschickt, kehrt aber nach zwei Wochen mit Problemen beim Gehen zurück. Bei der Untersuchung ist keine Dorsalextension des Fußes mehr möglich, es bestehen Sensibilitätsstörungen an der Außenseite des Unterschenkels und des Fußes und die Musculi fibulares scheinen atrophiert zu sein. Beim Gehen sieht es so aus, als würde die Patientin zwischen den Schritten den Fuß hinterherschleifen. Es wird die Diagnose eines „Steppergangs“ gestellt, und eine Verletzung des Nervus fibularis communis, die während der Kniegelenkoperation entstanden ist, wird diagnostiziert.

In der Fossa poplitea befinden sich die Arteria poplitea, die Vena poplitea und der Nervus ischiadicus (mit seinen Aufzweigungen). Die Arteria poplitea liegt am weitesten in der Tiefe. Die Vena poplitea liegt oberhalb der Arterie, und der Nervus ischiadicus liegt wiederum oberhalb der Vene (Abb. 6.133). Der Nervus ischiadicus teilt sich meist an der Spitze der Fossa poplitea. Der Nervus tibialis zieht weiter kaudalwärts durch die Fossa poplitea. Der Nervus fibularis communis läuft nach lateral nahe dem Musculus biceps femoris, tritt dann weiter an die Oberfläche und schlingt sich um das Collum fibulae.

Der Chirurg hat versehentlich den Nervus fibularis communis ligiert und nicht die Vena saphena parva, sodass es zu den Symptomen kommen konnte.

Abb. 6.133



Fossa poplitea mit Position der Arteria poplitea, Vena poplitea und des Nervus ischiadicus. T1-gewichtete axiale Magnetresonanztomographie (MRT).

Fall 2

Verletzung des Kniegelenks

Ein junger Mann genießt ein Skiwochenende. Während eines Rennens mit einem Freund bleibt er mit der Innenkante des rechten Skis hängen und stürzt. Beim Sturz hört er ein deutliches „Klicken“. Nachdem er sich wieder aufgerichtet hat, verspürt er starke Schmerzen im rechten Knie. Er kann nicht weiter Skifahren, und bei Ankunft in der Skihütte ist das Knie bereits stark geschwollen. Er wird zu einem Orthopäden gebracht.

Der Orthopäde untersucht gewissenhaft das Kniegelenk.

Der Mann fuhr mit beiden Beinen parallel den Hang hinab, die Sprunggelenke wurden durch die Skistiefel in Flexion gehalten, und die Knie waren leicht gebeugt. Durch einen kurzen unaufmerksamen Moment blieb der Skifahrer mit der Innenkante des rechten Skis hängen. Als Folge wurden der Stiefel und die Wade in Außenrotation gebracht. Außerdem wurde das Knie unter Valgusstress gesetzt (nach lateral gebogen), und der Skifahrer stürzte. Beide Ski lösten sich während des Sturzes aus der Bindung.

Abb. 6.134





A. Normales Kniegelenk mit den Ligamenta collateralia tibiale und fibulare und den Menisci lateralis und medialis. T1-gewichtete Magnetresonanztomographie (MRT) in der Koronarebene. **B**. Kniegelenk mit gerissenem Ligamentum collaterale tibiale. T1-gewichtete MRT in der Koronarebene.

Eine Reihe von Strukturen des Kniegelenks ist verletzt.

Bei Außenrotation und Valgusstress spannt sich das vordere Kreuzband an und wirkt als Drehpunkt. Das Ligamentum collaterale tibiale wird angespannt, und das laterale Kompartiment des Kniegelenks wird komprimiert. Bei übermäßigem Stress reißt das mediale Kollateralband (Abb. 6.134A und B) und der Meniscus medialis wird geschädigt (Abb. 6.134C). Letztendlich gibt auch noch das unter Spannung stehende vordere Kreuzband nach (Abb. 6.135A und B).

Das Gelenk schwillt nach einigen Stunden stark an.

Eine vordere Kreuzbandruptur produziert normalerweise eine ausgeprägte Gelenkschwellung. Das Band liegt intrakapsulär, aber extrasynovial und verfügt über eine gute Blutversorgung. Bei Bandrupturen fließt Blut in das Gelenk (Ergussbildung). Hieraus folgt eine zunehmende Gelenkschwellung mit deutlicher Flüssigkeitsansammlung im Gelenk.

620

621

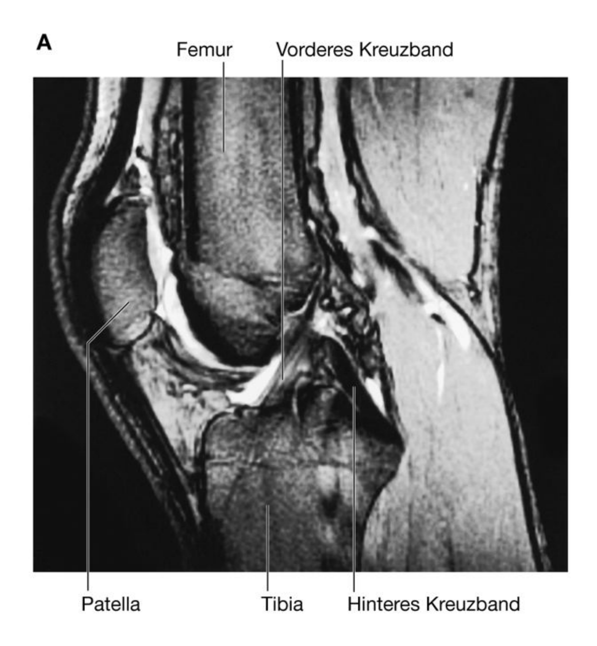
Bei dem Patienten wird eine operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands durchgeführt.

Es ist schwierig, Strukturen zu finden, die ein Kreuzband ersetzen können. Chirurgen haben sich viele verschiedene Arten der Kreuzbandrekonstruktion ausgedacht. Zwei der geläufigsten Methoden sind der Ersatz durch ein Patellarsehnentransplantat oder der Ersatz durch eine Semimembranosussehne.

Der Patient muss mehrmals operiert werden.

Das Ligamentum collateraler tibiale wird genäht. Der Meniscus medialis wird arthroskopisch debridiert, um weitere Komplikationen zu vermeiden.

Abb. 6.135







A. Kniegelenk mit intaktem vorderen und hinteren Kreuzband. T2-gewichtete Magnetresonanztomographie (MRT) in der Sagittalebene. **B**. Kniegelenk mit rupturiertem vorderen Kreuzband. T2-gewichtete MRT in der Sagittalebene. **C**. Kniegelenk mit medialem Meniskusriss. T2-gewichtete MRT in der Sagittalebene.

621

622

Fall 3

Schenkelhalsfraktur

Eine 72-jährige Patientin wird nach einem häuslichen Sturz in die Notaufnahme gebracht. Sie klagt über starke Schmerzen in der rechten Hüfte und hat Hämatome in der rechten Gesichtshälfte.

Bei der Aufnahme der Patientin fällt auf, dass das rechte Bein verkürzt erscheint und außenrotiert ist.

Es werden eine erste Untersuchung durchgeführt sowie eine Beckenübersichtsaufnahme angefertigt.

Die Röntgenaufnahme des Beckens zeigt eine dislozierte Fraktur des rechten mittleren Schenkelhalses.

Die auffällige Verkürzung und Außenrotation des Beins wird einer Verkrampfung der Muskulatur, die das Becken mit den Trochanteren und dem proximalen Femur verbindet, zugeschrieben. Die größte Muskelgruppe, die das Hüftgelenk umgibt, sind die Adduktoren (Musculus adductor longus, Musculus adductor brevis und Musculus adductor magnus) und der Musculus psoas major. Der Musculus psoas major inseriert am Trochanter minor. Er bewirkt in der Hüfte eine Außenrotation und Adduktion. Der Drehpunkt der Aktivität des Musculus psoas major ist das Caput femoris im Acetabulum. Ist allerdings der Schenkelhals frakturiert, zieht der Muskel das Femur nach proximal und in Außenrotationsstellung, die durch den Spasmus der Adduktoren noch verstärkt wird.

Für die operative Versorgung sind umfassende Untersuchungen nötig. Es ist wichtig zu beachten, dass ältere Patienten viele Vorerkrankungen haben können.

Die Patientin erhält eine Hemiarthroplastik.

Eine Hemiarthroplastik ist eine Operation, bei der der Femurkopf entfernt wird. Das Collum femoris wird bis kurz vor die Trochanteren gekürzt; der Markraum des Femurschafts wird aufgebohrt. Es wird eine Hüftkopfprothese aus Metall in den Markraum eingebracht; der Kopf der Prothese wird im Acetabulum platziert. Das Acetabulum wird in diesem Fall also nicht ersetzt; sollte dies aber aus klinischer Sicht notwendig sein, wird ein Pfannenersatz in gleicher Sitzung mit durchgeführt.

Die Arthroplastik ist der einzige Eingriff, der in diesem Fall durchgeführt werden kann.

Die Blutversorgung des Femurkopfs erfolgt aus drei Quellen – der Arteria ligamenti capitis femoris, Gefäßen aus dem Markraum (über Arteriae circumflexae femoris medialis und lateralis) und Gefäßen, die in der Membrana fibrosa des Hüftgelenks verlaufen. Mit zunehmendem Alter erfolgt eine fettige Degeneration des normalen roten Knochenmarks hin zu einem gelben Fettmark. Hierdurch wird die medulläre Blutversorgung vermindert. Außerdem können arteriosklerotische Veränderungen die Blutgefäßversorgung über das Ligamentum capitis femoris einschränken.

Unglücklicherweise kam es bei der Schenkelhalsfraktur zu einer Zerreißung der Gefäße der Membrana fibrosa und damit zu einer Mangelversorgung des Femurkopfs. Bei einer

pertrochantären Fraktur bleiben die Gefäße der Membrana fibrosa intakt, und eine andere operative Versorgung wäre möglich gewesen.

Die Patientin leidet außerdem noch unter Osteoporose, was die Fraktur begünstigt hat.

Osteoporose ist eine typische Erkrankung bei älteren Menschen, kommt aber bei älteren postmenopausalen deutlich häufiger Frauen vor. Viele Schenkelhalsfrakturen treten bei älteren Patienten aufgrund der deutlich herabgesetzten Belastbarkeit des Knochens bei Osteoporose auf. Andere typische osteoporotische Frakturen treten am distalen Radius und an den thorakolumbalen Wirbelkörpern auf.

622

623

Fall 4

Tiefe Beinvenenthrombose

Eine 28-jährige Patientin wird im Rahmen einer Routineuntersuchung in der 36. Schwangerschaftswoche untersucht. Weder die Patientin noch der Arzt sind bezüglich der Schwangerschaft in Sorge. Die Patientin berichtet nun aber über eine einseitige Schwellung des linken Beins, die in den letzten zwei Tagen stetig zugenommen habe. Außerdem hat sie am Abend zuvor stechende Schmerzen in der Brust gehabt, die beim tiefen Durchatmen zugenommen hätten.

Der Arzt ordnet eine Doppler-Sonographie der Venen des linken Beins an.

Die Doppler-Sonographie des Gefäßbaums kann den Blutfluss und Gefäßverschlüsse von Arterien und Venen darstellen.

Der Schallkopf zeigt über der Vena femoralis keinen Blutfluss. Die Vene ist auch nicht komprimierbar, und es lassen sich keine atemabhängigen Flussveränderungen produzieren In der Vena profunda femoris und der Vena saphena magna ist ein geringer Blutfluss sichtbar. Dagegen in der gesamten linken Vena femoralis, der Vena poplitea und den Venae tibiales kein Blutfluss nachweisbar.

Bei der Untersuchung des rechten Beins zeigt sich im gesamten venösen System ein guter Blutfluss. Die Massage der Wade ergibt eine Zunahme des Blutflusses, und es ist eine atemabhängige Veränderung der Flussrate produzierbar. Der Arzt stellt die Diagnose „ausgeprägte tiefe Beinvenenthrombose links“.

Bestimmte Patienten neigen zu tiefen Beinvenenthrombosen. Drei Hauptfaktoren prädisponieren für eine Thrombose:

- *reduzierter oder stagnierender Blutfluss in den Venen: ausgeprägte Stase (beispielsweise durch zu wenig Bewegung), verminderte Muskelpumpe der Wadenmuskulatur und gehemmter Blutfluss*
- *Verletzungen der Gefäßwand: Venöse Traumen können die Gefäßwand schädigen und eine Thrombusbildung fördern.*

- *Hyperkoagulabilität des Blutes: steht häufig in Verbindung mit Veränderungen der Gerinnungsfaktoren, wie Antithrombin III, Protein C und Protein S.*

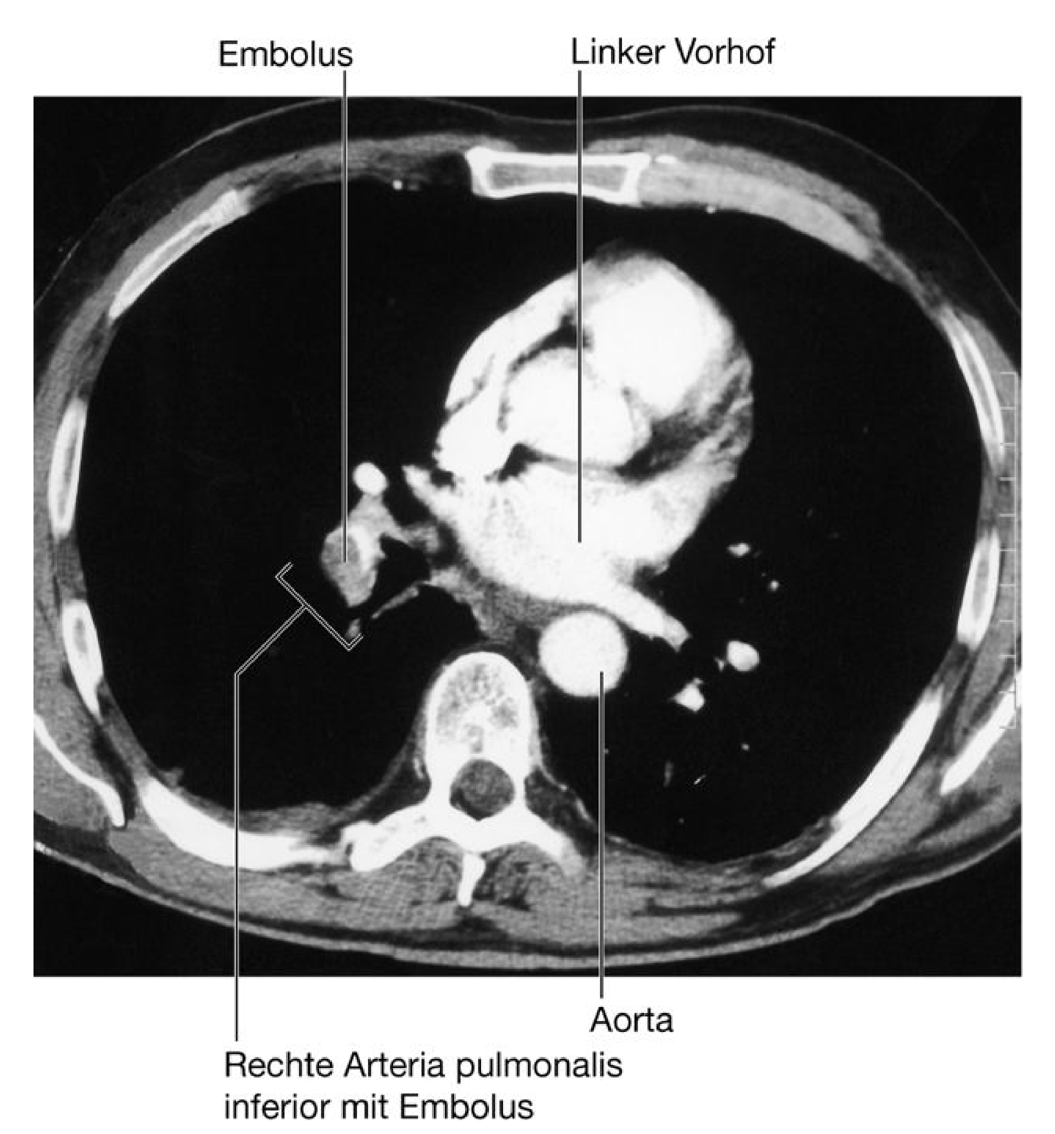
Bei dieser Patientin ist vermutlich eine Kompression der linken Arteria iliaca externa durch den schwangeren Uterus die Ursache der Stase, die zur tiefen Beinvenenthrombose geführt hat.

Die Brustschmerzen sind Folge von Lungenembolien.

Vom Thrombus haben sich kleine Emboli gelöst und sind über das rechte Herz in die Lunge gelangt. Kleine Emboli verursachen typischerweise pleuritische Brustschmerzen, die sich beim Atmen verstärken. Diese kleinen pulmonalen Emboli können die Atemfunktion beeinträchtigen, aber sie können auch Vorboten einer großen und potenziell letalen Lungenembolie sein (Abb. 6.136).

Die Patientin erhält eine Antikoagulanzientherapie und hat eine komplikationslose Entbindung.

Abb. 6.136



Lungenembolie. Axiale Computertomographie (CT).

Fall 5

Achillessehnenruptur

Ein 45-jähriger Mann hat kürzlich angefangen, Squash zu spielen. Während eines Spiels schlägt er einen Vorhandball und bemerkt plötzlich einen starken Schmerz in der Ferse. Er denkt, sein Gegner hätte ihn mit dem Schläger getroffen. Als er sich umdreht, bemerkt er, dass der Gegner viel zu weit entfernt steht, um ihn getroffen zu haben.

Innerhalb weniger Minuten schwillt sein Knöchel an. Der Patient kann die Ferse nicht mehr plantarflektieren und muss mit dem Spiel aufhören. Anschließend entwickelt sich ein deutliches subkutanes Hämatom am Knöchel.

Die möglichen Diagnosen sind eine Knochen- oder Weichteilverletzung.

Eine knöcherne Verletzung kann ausgeschlossen werden, da keine knöcherne Empfindlichkeit vorliegt.

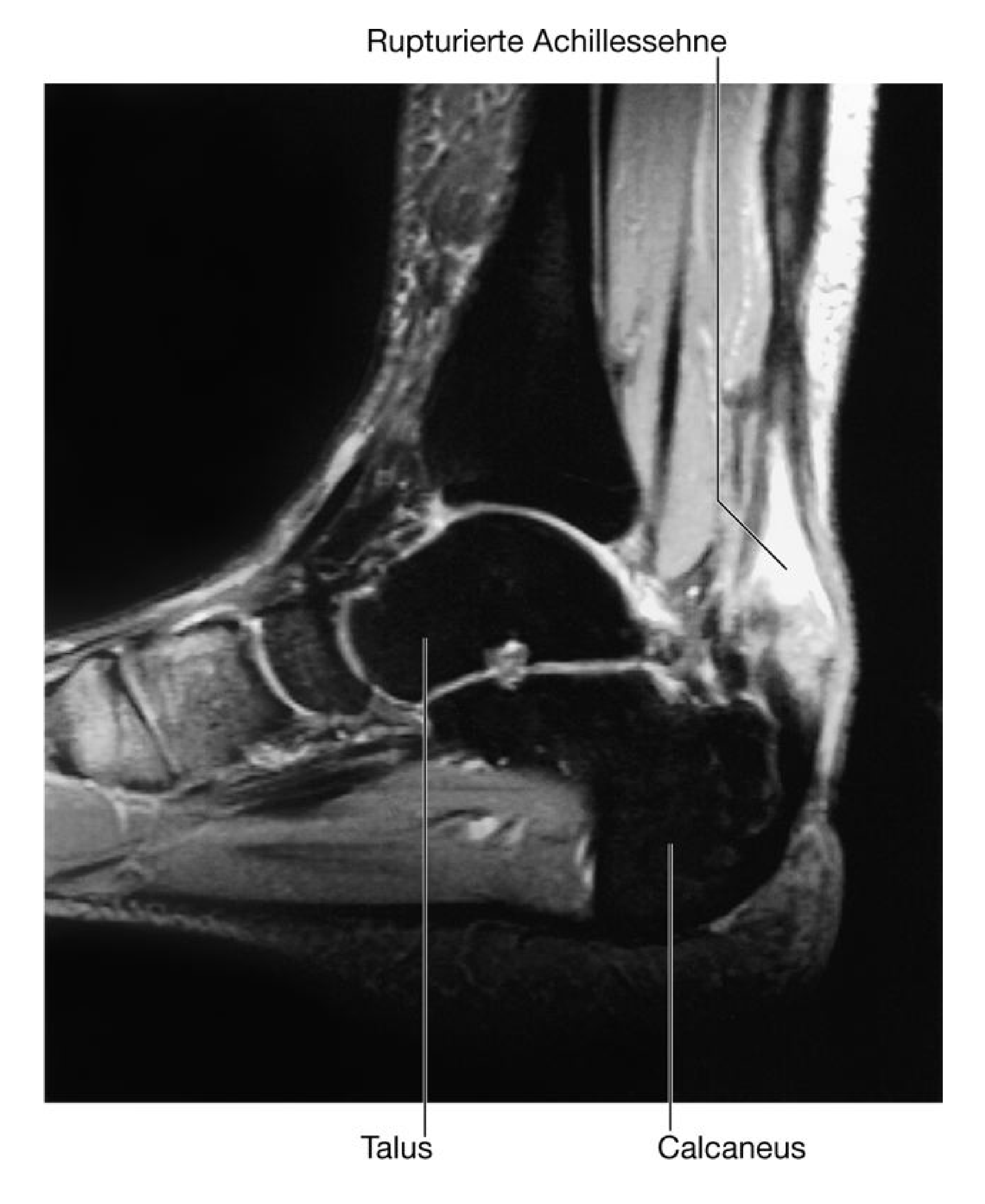
Der Patient hat eine schwere Weichgewebeverletzung. Bei der Untersuchung zeigt sich eine deutliche Schwellung des Knöchels mit subkutanem Hämatom. Der Patient kann mit dem rechten Fuß nicht mehr auf den Zehenspitzen stehen; in Bauchlage ist eine Delle in der Achillessehne tastbar.

Es wird die Diagnose „Achillessehnenruptur“ gestellt.

Der Patient stellt sich mit einer typischen Anamnese für eine Achillessehnenruptur vor. Die klinischen Untersuchungen bestätigen die Diagnose. Eine durchgeführte Magnetresonanztomographie (MRT) bestätigt die Diagnose (Abb. 6.137).

Der Patient wird operiert. Die Sehnennaht verheilt gut, allerdings setzt der Patient das Squashspielen nicht fort.

Abb. 6.137



Sprunggelenk mit rupturierter Achillessehne. T2-gewichtete Magnetresonanztomographie (MRT) in der Sagittalebene.

Fall 6

Aneurysma der Arteria poplitea

Ein 67-jähriger Mann bemerkt eine Schwellung in der Kniekehle mit einem Durchmesser von etwa 4 cm. Der Patient ist ansonsten fit und gesund und hat keine wesentlichen Vorerkrankungen.

Die Schwellung geht aus einer der Strukturen der Kniekehle hervor, wie deutlich tastbar ist.

In der Fossa poplitea befindet sich ein Gefäß-Nerven-Bündel, das den Nervus ischiadicus (und seine beiden Endäste), die Arteria poplitea und die Vena poplitea enthält. Es gibt außerdem zahlreiche Schleimbeutel, die mit der Kniekehle sowie den Muskeln und Sehnen dieser Region assoziiert sind. Möglicherweise geht die Schwellung von den dorsalen Strukturen des Kniegelenks aus, allerdings könnte es sich auch um eine Aussackung der Membrana synovialis handeln, oder sie könnte von den Menisken, den Muskeln oder den Sehnen der Region ausgehen.

624
625

Die häufigsten Schwellungen in der Kniekehle sind Zysten und Aneurysmen. Geschwollene Lymphknoten kommen seltener vor.

Weitere klinische Untersuchungen zeigen, dass die Schwellung pulsiert und bei der Auskultation ein Schwirren nachweisbar ist (ein hörbares Geräusch durch den turbulenten Blutfluss).

Es wird die Diagnose „arterielles Aneurysma" gestellt.

Ein Aneurysma der Arteria poplitea ist eine abnormale Erweiterung der Arteria poplitea., die selten größer als 5 cm wird, da normalerweise vorher Symptome auftreten.

Im Gegensatz zu Aneurysmen in anderen Körper-regionen gehen von Poplitealaneurysmen häufig Emboli aus, und es kommt eher zur Ischämie distal der Läsion, als dass das Aneurysma rupturiert. Bei Patienten mit Aneurysmen der Arteria poplitea ist die Untesuchunng des restlichen arteriellen Gefäßbaums obligat, da Aneurysmen bilateral auftreten können. Außerdem können solche Aneurysmen mit Aneurysmen der Pars abdominalis aortae assoziiert sein.

Die anderen Ursachen für eine solche Schwellung können Zysten sein.

Eine popliteale Zyste (Baker-Zyste) ist eine synoviale Aussackung am posteromedialen Kniegelenk. Die Membrana synovialis entwickelt eine Aussackung zwischen dem Caput mediale des Musculus gastrocnemius und der Sehne des Musculus semimembranosus und liegt etwa in der Mitte der Fossa poplitea. Gelegentlich sackt die Zyste nach kaudal aus und liegt im Bereich der Sehnen des Pes anserinus superficialis (Musculus sartorius, Musculus gracilis, Musculus semitendinosus).

Es wird eine Sonographie durchgeführt. Die Ausmaße des Aneurysmas werden dargestellt, und der Blutfluss wird überprüft. Außerdem können anderen Ursachen ausgeschlossen werden.

Der Patient unterziehgt sich einer operativen Entfernung und Einpflanzung eines Gefäßtransplantats und erholt sich vollkommen.

Fall 7

Ruptur des Ligamentum talofibulare anterius

Eine junge Langstreckenläuferin stellt sich mit einer akuten Schwellung am lateralen Knöchel bei ihrem Arzt vor. Die Schwellung ist direkt nach einem Tritt in ein Schlagloch aufgetreten.

Es wird die Verdachtsdiagnose einer Sprunggelenkfraktur geäußert.

Konventionelle Röntgenaufnahmen geben keinen Hinweis auf eine knöcherne Verletzung als Ursache für die Weichteilschwellung.

Die Patientin erhält Unterarmgehstützen, Analgetika (Schmerzmittel) und bekommt Ruhe verordnet. Es wird eine einfache Verstauchung diagnostiziert.

In den folgenden Wochen nehmen die Schwellung und das Ödem ab, und die Patientin beginnt wieder zu laufen. Dabei bemerkt sie eine Instabilität des Sprunggelenks. Sie sucht nun einen Orthopäden auf.

Es zeigt sich vermehrte Aufklappbarkeit des oberen Sprunggelenks bei der manuellen Prüfung durch den Orthopäden.

Zu diesem Zeitpunkt ist es wichtig, den Unfallmechanismus nochmals genau zu hinterfragen. Typischerweise beinhaltet die Endphase des Abdrückens vom Boden beim Laufen auf hartem Untergrund eine Supination des Fußes. Wenn der Fuß in ein Schlagloch gerät, läuft diese Supinationsbewegung weiter, und der Knöchel wird in der Plantarflexion invertiert. Diese Bewegung übt starken Stress auf die Bänder des lateralen Sprunggelenks aus, und es können Bandrupturen von ventral nach dorsal auftreten.

625

626

Zuerst rupturiert das Ligamentum talofibulare anterius, dann das Ligamentum calcaneofibulare und zuletzt das Ligamentum talofibulare posterius. Bei der Ruptur der Bänder nehmen die Schwere der Weichteilverletzung und die Gefahr der permanenten Sprunggelenkinstabilität zu.

Bei der Untersuchung gibt jede vermehrte Aufklappbarkeit (4 – 5 mm im Vergleich zur Gegenseite) einen Hinweis auf eine mögliche Verletzung des Ligamentum talofibulare anterius.

Das Ligamentum talofibulare anterius kann am besten beurteilt werden, wenn der Fuß in Plantarflexion gehalten wird. Bei einer Seitendifferenz von mehr als 10° muss eine Ruptur vermutet werden.

Es ist äußerst selten, dass alle drei Bänder gleichzeitig reißen. Ist dies der Fall, bestehen meist noch weitere schwere Sprunggelenkverletzungen.

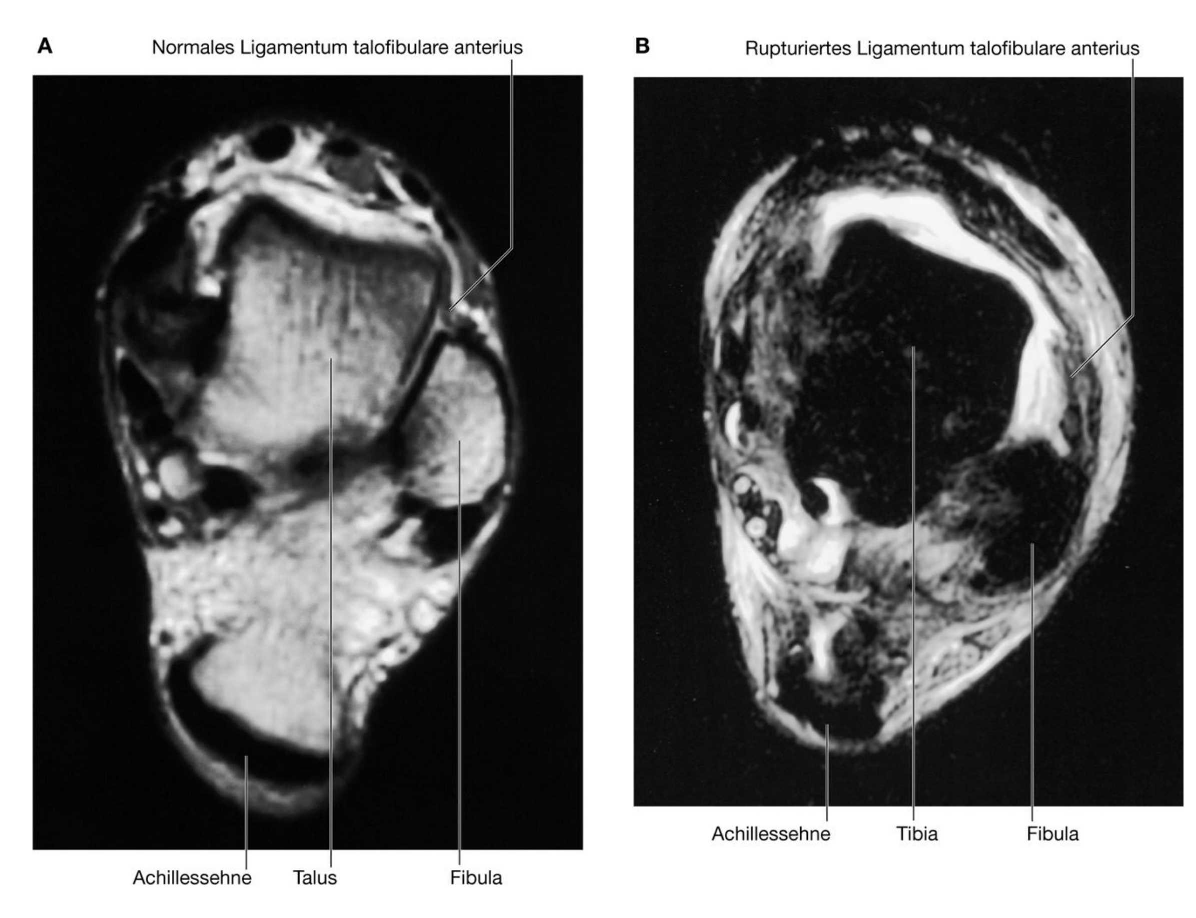
Zur Beurteilung der Bänder wird eine Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt.

Die MRT eignet sich sehr gut zur Beurteilung der medialen und lateralen Bandkomplexe des Knöchels und auch der Weichteile, die die Knochen des hinteren Fußes stabilisieren.

Das MRT zeigt die Ruptur des Ligamentum talofibulare anterius (Abb. 6.138). Die Sportlerin dringt auf eine Operation, da sie sehr viel Sport treibt.

Bei Patienten mit Rupturen des Ligamentum talofibulare anterius, die wenig oder gar keinen Sport treiben, wird das Band üblicherweise nicht operiert.

Abb. 6.138



A. Normales Sprunggelenk mit intaktem Ligamentum talofibulare anterius. T1-gewichtete axiale Magnet-resonanztomographie (MRT). **B**. Sprunggelenk mit rupturiertem Ligamentum talofibulare anterius. T2-gewichtete axiale MRT.

626

627

10 kurze Fragen

1.

F: **Ein Mann hat einen dorsolateralen Tritt gegen das Knie bekommen. Dabei kommt es zur Fraktur im Bereich des Collum fibulae. Welche Strukturen wurden zerstört, und warum entwickelt er in der Folge einen „Steppergang (Fallfuß)“?**

A: Der Nervus fibularis communis wurde verletzt. Dieser Nerv läuft lateral um das Collum fibulae herum und innerviert die Musculi fibulares longus und brevis. Die entstehende Muskelatrophie macht eine Dorsalextension und Eversion des Fußes unmöglich und zieht einen Steppergang nach sich.

2.

F: **Ein Patient klagt beim Gehen über Schmerzen im Gesäß und hat einen schwachen rechten Femoralispuls. Der linke Femoralispuls ist normal. Wo sitzt die Durchblutungsstörung?**

A: Die „Blockade" befindet sich in der rechten Arteria iliaca communis. Befände sich die Stenose in der rechten Arteria iliaca externa, würde der Patient keine Schmerzen im Gesäß haben. Bei einer Läsion in der rechten Arteria iliaca interna wäre der Femoralispuls normal.

3.

F: **Nennen Sie zwei anatomische Gründe, warum eine Patellaluxation vorwiegend nach lateral auftritt**.

A: 1. Ein prädisponierender Faktor sind angeborene Formveränderungen der Patella. Die laterale Gelenkfacette der Patella, die mit der Facies patellaris des Femurs artikuliert, ist weniger spitz und „flacher" als die mediale Facette.

4.

F: **Ein Langstreckenläufer klagt über Schmerzen am ventrolateralen Anteil des lateralen Femurkondylus. Welche anatomische Struktur könnte an dieser Stelle reiben?**

A: Der Tractus iliotibialis verläuft direkt über den lateralen Femurkondylus und inseriert an der ventrolateralen Tibia (Tuberculum Gerdy). Dies kann zu einer charakteristischen Schmerzsymptomatik am lateralen Femurkondylus führen.

5.

F: Ist eine meniskokapsuläre Läsion des Außenmeniskus häufig?

A: Nein. Da der Außenmeniskus nicht mit der Gelenkkapsel verbunden ist, ist er sehr gut beweglich. Der Meniscus medialis ist teilweise an der Gelenkkapsel fixiert. Außerdem liegen die beiden Ansatzpunkte des Meniscus medialis am Knochen weiter auseinander, sodass der Innenmeniskus weniger beweglich ist als der Außenmeniskus. Dadurch sind Verletzungen am Meniscus medialis häufiger.

6.

F: Eine traumatische Femurkopfluxation kann welche wichtige Struktur verletzen?

A: Den Nervus ischiadicus, der das Becken durch das Foramen ischiadicum majus verlässt und vom Unterrand des Musculus piriformis nach dorsal zu den kurzen Rotatoren des Hüftgelenks verläuft.

7.

F: Ein Patient stellt sich mit einer Bursa ventral der Patellasehne vor. Kommuniziert diese mit dem Kniegelenk?

A: Nein. Nur die Bursa suprapatellaris steht ventral in direkter Verbindung mit dem Kniegelenk. Die meisten ventralen Bursae haben keine Verbindung zur Gelenkhöhle.

8.

F: Ein Patient stellt sich mit einer vorderen Kreuzbandruptur in der Klinik vor. Eine ap-Röntgenaufnahme des Kniegelenks zeigt eine kleine knöcherne Absprengung der lateralen Tibia direkt unterhalb des Tibiaplateaus. Welches Band ist beteiligt?

A: Das Ligamentum collaterale laterale. Ein Areal der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel unterhalb des lateralen Kollateralbandes verbindet das Femur mit der lateralen Tibia. Diese oft verdickte Region der Gelenkkapsel wird als Ligamentum femorotibiale laterale bezeichnet. Bei diesem Patienten ist die kleine Avulsionsfraktur von geringer klinischer Bedeutung, da das Ligamentum collaterale fibulare intakt geblieben ist.

627

628

9.

F: Das Röntgenbild eines Fußes lässt eine kleine knöcherne Absprengung in der ap-Ebene an der Basis des Os metatarsi V vermuten. Der Patient war aber aufgrund einer Bandruptur des Ligamentum talofibulare anterius gekommen und gibt am Os metatarsi keine Beschwerden an.

A: Es handelt sich um einen kleinen akzessorischen Knochen. Akzessorische Knochen sind am Fuß besonders häufig.

10.

F: Eine nicht verheilte Fraktur des Collum tali zog eine Teilnekrose des Talus nach sich. Warum?

A: Die Blutversorgung des Talus erfolgt über Gefäße aus dem Sinus tarsi. Diese Gefäße verlaufen nach dorsal und versorgen das Corpus tali und die subtalaren Gebiete. Unterbrechungen des Collum tali verletzen diese Gefäße, der Knochen wird ischämisch, und es kann zur Nekrose kommen.

7 Obere Extremität

Übersicht

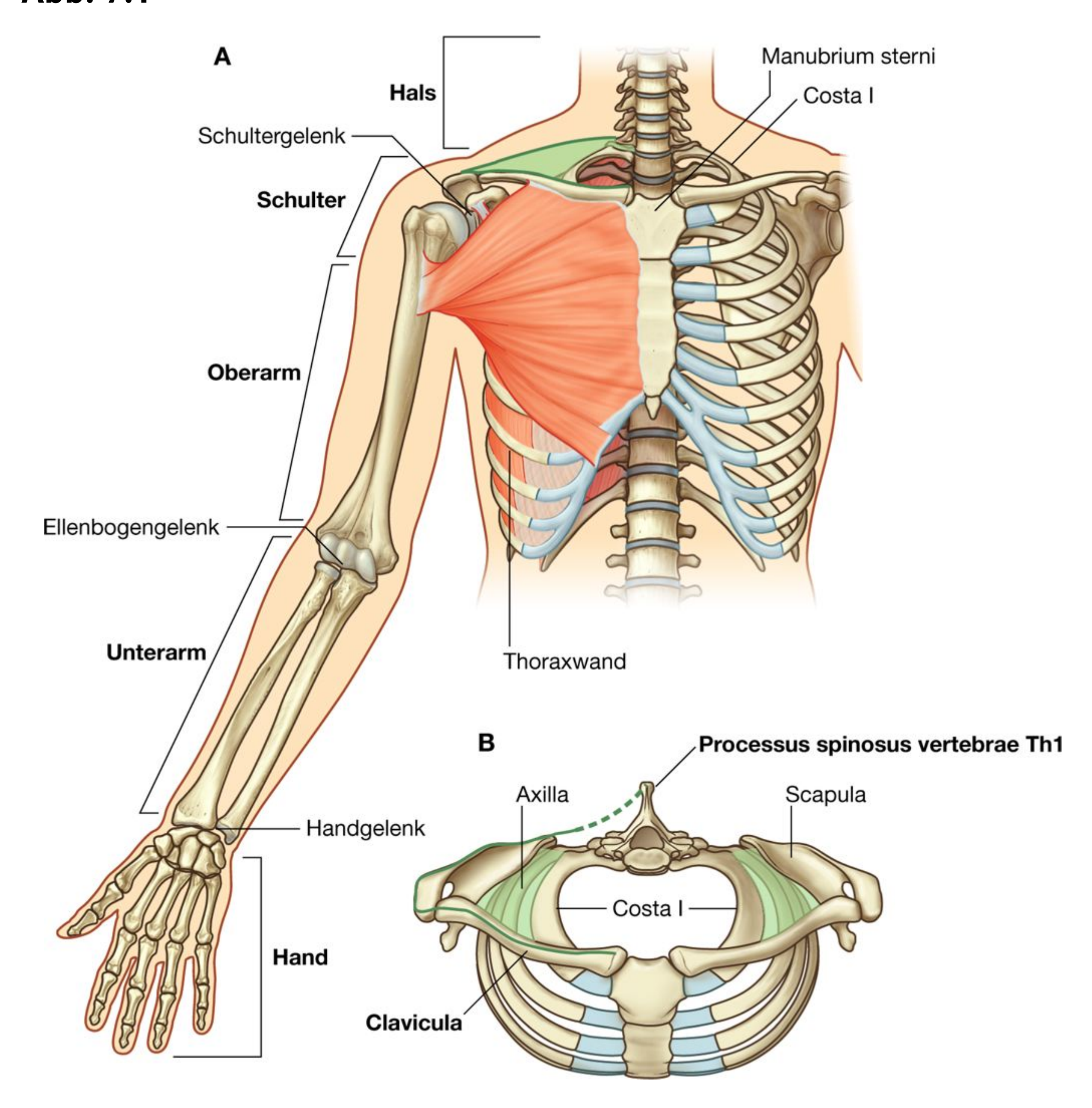
ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die obere Extremität steht in enger Beziehung zum unteren Anteil des seitlichen Halses. Sie ist über Muskulatur und eine kleine knöcherne Verbindung zwischen dem Schlüsselbein (Clavicula) und dem Brustbein (Sternum) – dem Sternoklavikulargelenk – am Rumpf aufgehängt. Anhand der Lage der Hauptgelenke und der beteiligten Knochen wird die obere Extremität in Schulter, Oberarm, Unterarm und Hand aufgeteilt (Abb. 7.1A).

Die Schulter ist der Bereich der oberen Extremität, der mit dem Rumpf verbunden ist (Abb. 7.1B).

Der Oberarm ist der Teil der oberen Extremität zwischen Schulter und Ellenbogengelenk. Der Unterarm liegt zwischen Ellenbogen- und Handgelenk. Die Hand befindet sich distal vom Handgelenk.

Abb. 7.1



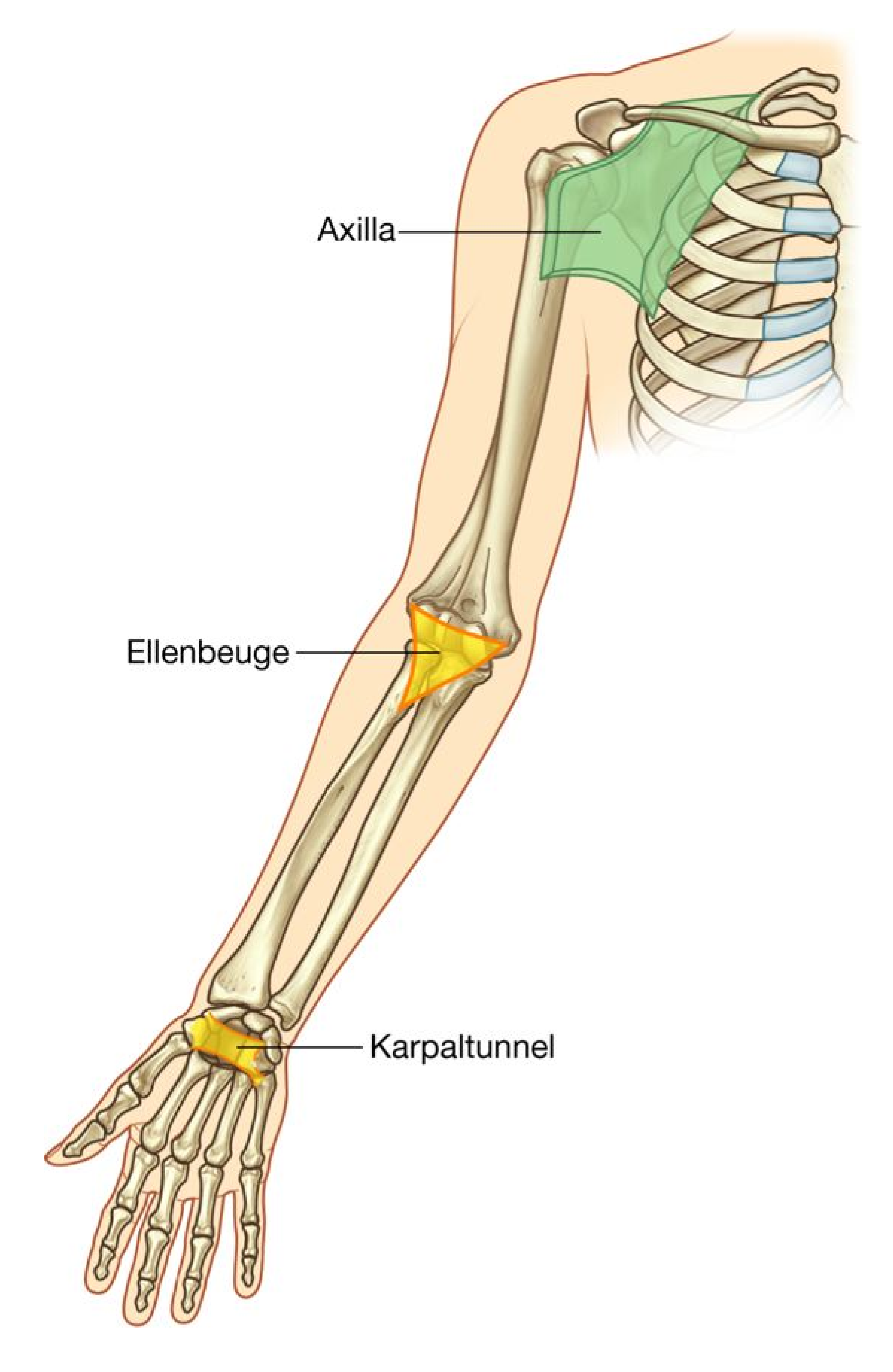
Obere Extremität. A. Obere Extremität in der Ansicht von anterior. **B**. Ansicht der Schulter von oben.

Die Achselhöhle (Axilla), die Ellenbeuge und der Karpaltunnel (Karpalkanal) sind wichtige Übergänge zwischen den verschiedenen Regionen der oberen Extremität (Abb. 7.2). Durch diese Areale verlaufen wichtige Strukturen oder stehen mit ihnen in Verbindung.

Der Bereich der Axilla entspricht einer unregelmäßig geformten Pyramide. Sie wird von Muskulatur und Schulterknochen sowie der lateralen Oberfläche der Thoraxwand gebildet. Die Spitze geht direkt in den kaudalen Abschnitt des Halses über, die Haut der Achselhöhle bildet den Boden. Alle wichtigen Strukturen, die vom Hals zum Arm und umgekehrt verlaufen, ziehen durch die Axilla.

Die Ellenbeuge ist eine dreieckige Vertiefung, die von der Muskulatur anterior des Ellenbogengelenks gebildet wird. Die Hauptarterie, die Arteria brachialis, verläuft auf ihrem Weg vom Oberarm zum Unterarm durch die Ellenbeuge, ebenso der wichtigste Nerv der oberen Extremität, der Nervus medianus.

Abb. 7.2



Übergangsregionen der oberen Extremität.

Der Karpaltunnel ist das Tor zur Hohlhand. Seine hintere, laterale und mediale Wand bilden einen Bogen, der aus den Handwurzelknochen der proximalen Region der Hand gebildet wird. Ein kräftiges Band aus Bindegewebe, das Retinaculum musculorum flexorum, zieht von einer Seite des Bogens zur anderen und bildet die Vorderwand des Karpaltunnels. Der Nervus medianus und die langen Sehnen aller Beugemuskeln, die vom Unterarm zu den Fingern ziehen, verlaufen durch den Karpaltunnel.

FUNKTIONEN

Ausrichtung der Hand

Anders als die untere Extremität, die der Stabilität, als Stütze und der Fortbewegung dient, ist die obere Extremität sehr beweglich, damit die Hand im Raum frei bewegt und als Greif- und Tastorgan verwendet werden kann.

Die Schulter ist am Rumpf vorwiegend über Muskeln aufgehängt (Schultergürtel) und kann sich daher relativ zum Körper bewegen. Gleiten (Vorziehen und Zurückziehen) und Rotieren der Scapula auf der Thoraxwand verändern die Position des **Schultergelenks (Articulatio glenohumeralis)** und vergrößern die Reichweite der Hand (Abb. 7.3). Das Schultergelenk ermöglicht die Bewegung des Arms in drei Ebenen mit großem Bewegungsausmaß. Bewegungen des Arms im Schultergelenk sind Anteversion (Flexion, Beugung), Retroversion (Extension, Streckung), Abduktion, Adduktion, Innenrotation, Außenrotation, Zirkumduktion (Herumführen, Kreiseln) und Elevation (Heben des Arms über die Horizontale; Abb. 7.4).

Die Hauptbewegungen des **Ellenbogengelenks** sind Beugung (Flexion) und Streckung (Extension) des Unterarms (Abb. 7.5A). Am distalen Ende des Unterarms kann der distale Radius (Speiche) um den angrenzenden Knochen, die Ulna (Elle), gedreht werden. Da die Hand im Handgelenk mit dem Radius artikuliert, kann sie aus der Pronationsstellung in die Supinationsstellung gedreht werden, indem das distale Ende des Radius um die Ulna geführt wird (Abb. 7.5.B). Die Pronation ist eine Bewegung, die ausschließlich am Unterarm durchgeführt werden kann. Durch Supination wird die Hand in die anatomische Position zurückgeführt.

Im **Handgelenk** kann die Hand radialabduziert, ulnarabduziert, flektiert (gebeugt), extendiert (gestreckt) und zirkumduziert werden (Abb. 7.6). Durch diese Bewegungen kann die Hand unter Mithilfe von Schulter, Oberarm und Unterarm zahlreiche Positionen im Verhältnis zum Körper einnehmen.

Die Hand als mechanisches Werkzeug

Eine Hauptfunktion der Hand ist das Greifen. Dinge zu greifen erfordert grundsätzlich die Gegenüberstellung (Opposition) des Daumens gegen die Finger. Je nach Art des Griffs müssen die Muskeln der Hand

- die Aktionen der langen Sehnen, die vom Unterarm auf die Finger laufen, modifizieren

- Kombinationen von Gelenkbewegungen bewirken, die nicht allein durch die langen Beuge- und Strecksehnen vom Unterarm ermöglicht werden können.

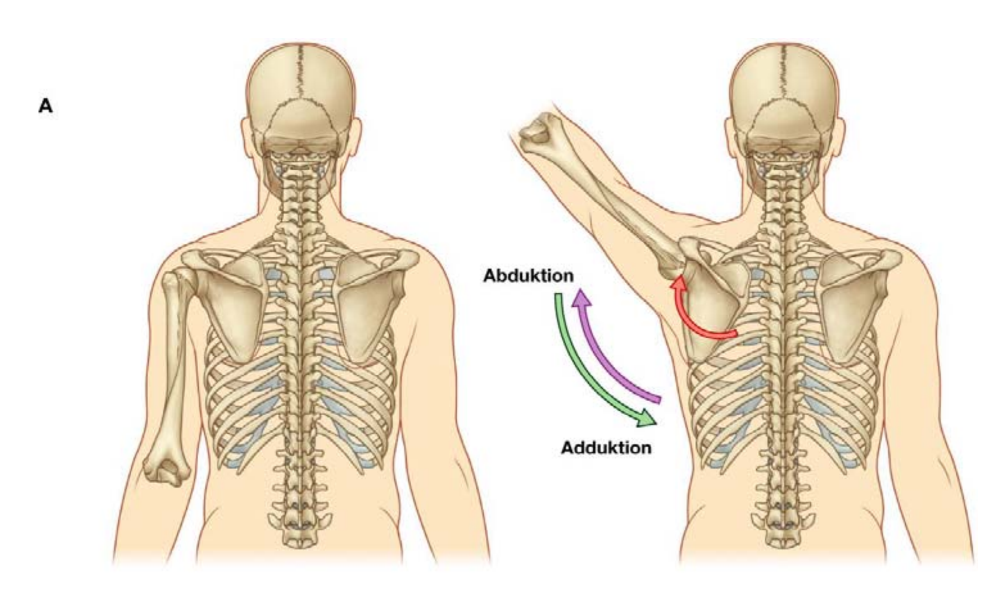
Die Hand als sensibles Werkzeug

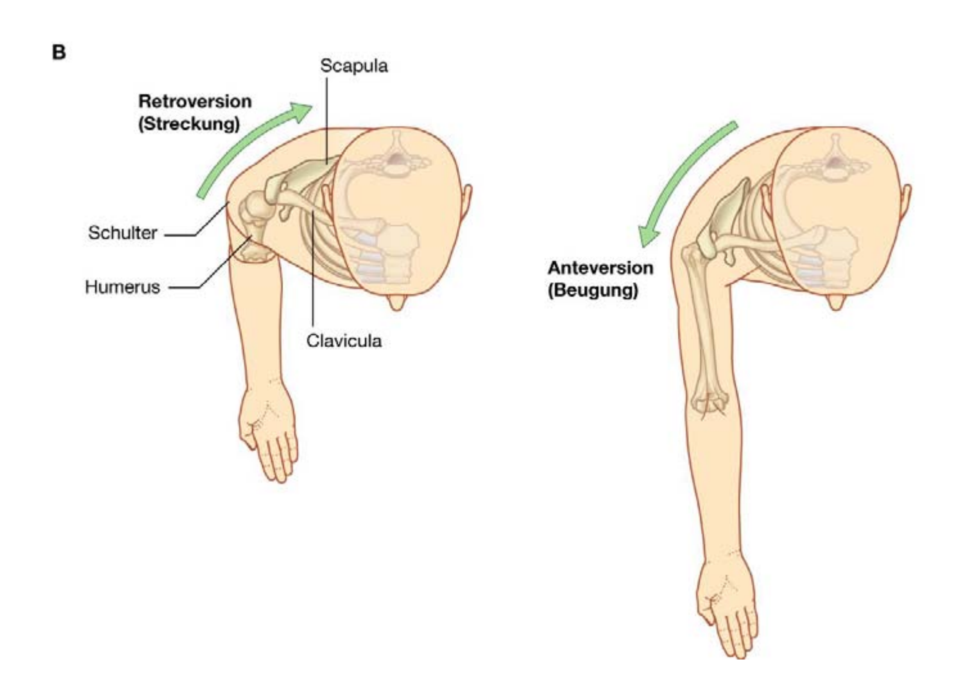
Die Hand wird benutzt, um Gegenstände durch Berührung zu unterscheiden (Tastorgan). Die Fingerkuppen sind dicht mit sensiblen Rezeptoren versehen. Außerdem ist die Hand auf dem sensiblen Kortex des Gehirns (Gyrus postcentralis), der für die Interpretation der Informationen von der Hand und insbesondere des Daumens verantwortlich ist, überproportional groß im Verhältnis zu anderen Hautarealen repräsentiert (Homunkulus).

631

632

Abb. 7.3

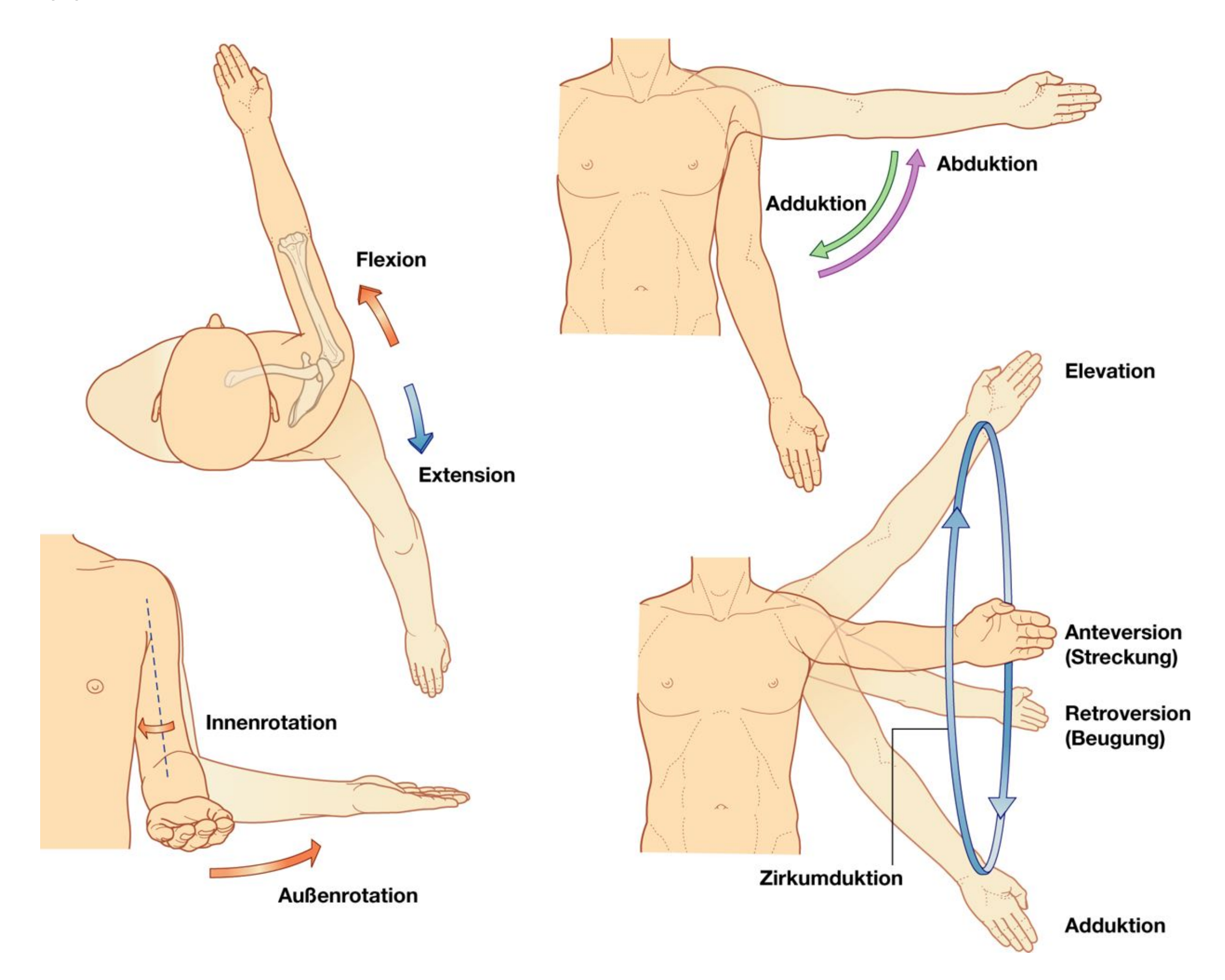




Bewegungen des Schulterblatts. **A**. Rotation. **B**. Anteversion und Retroversion.

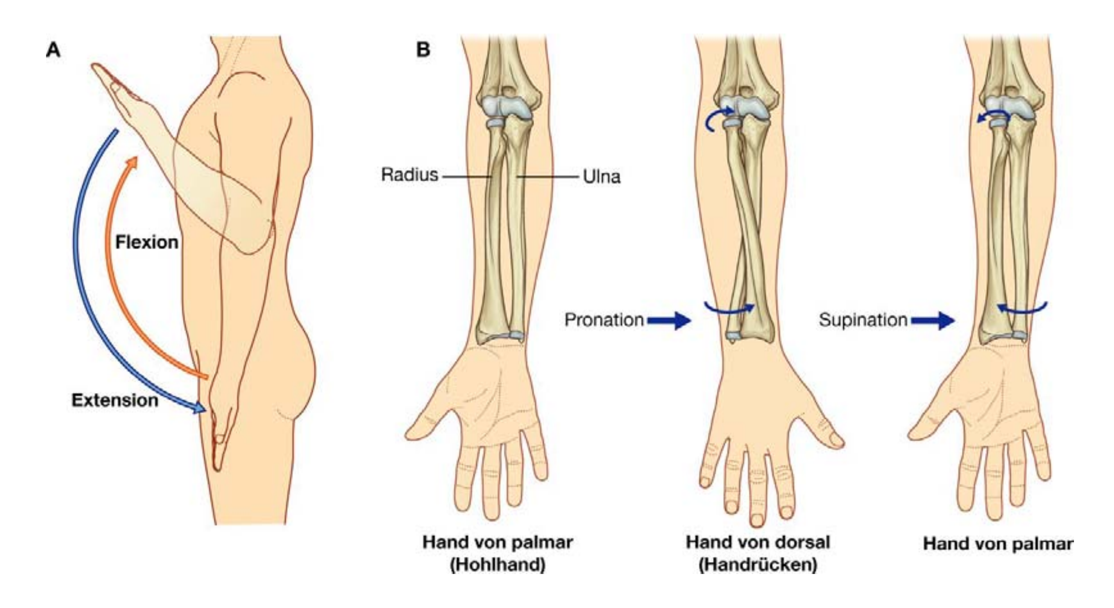
632

Abb. 7.4



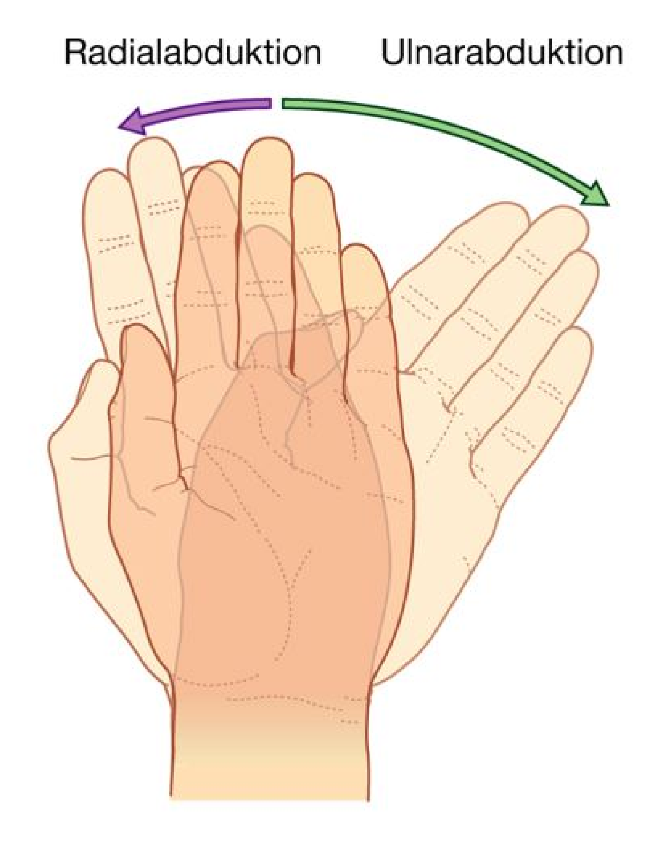
Bewegungen des Arms im Schultergelenk.

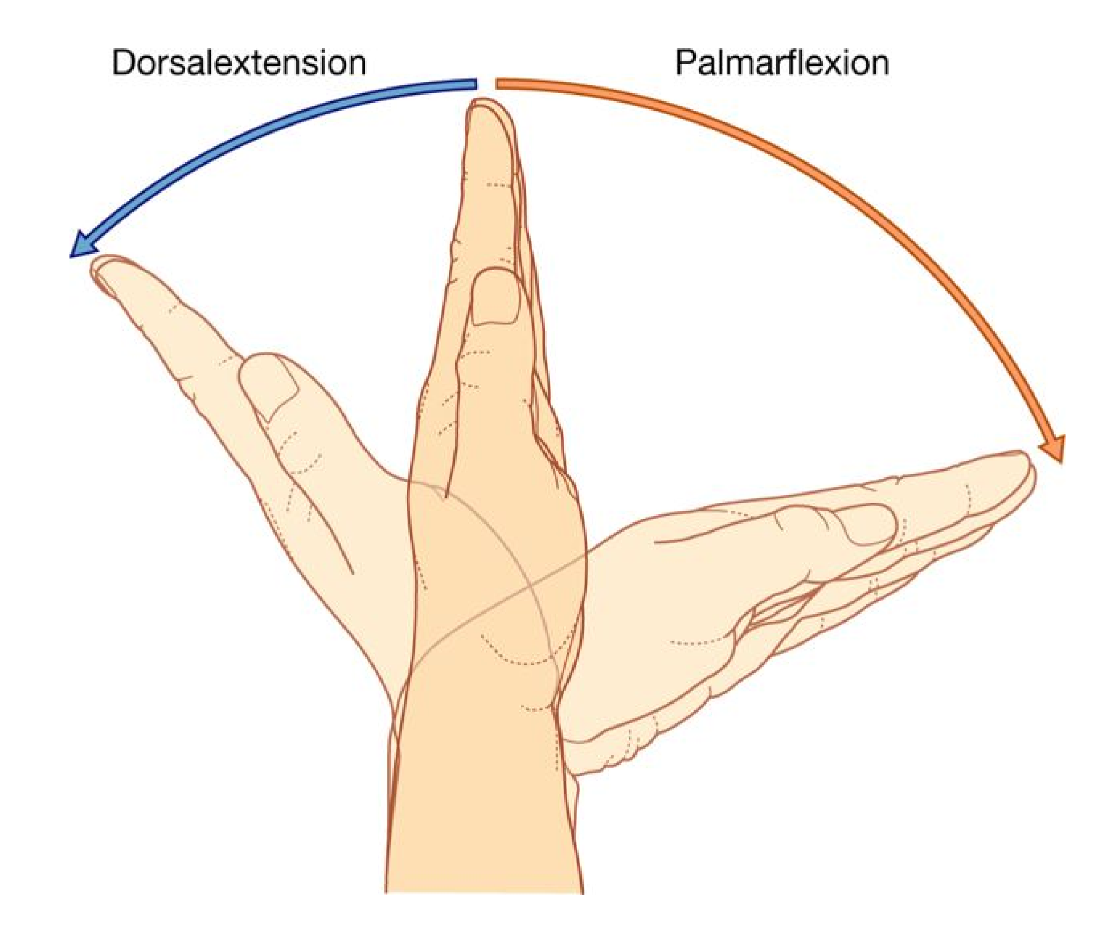
Abb. 7.5



Bewegungen des Unterarms. **A**. Beugung und Streckung des Ellenbogengelenks. **B**. Pronation und Supination.

Abb. 7.6





Bewegungen im Handgelenk einer linken Hand.

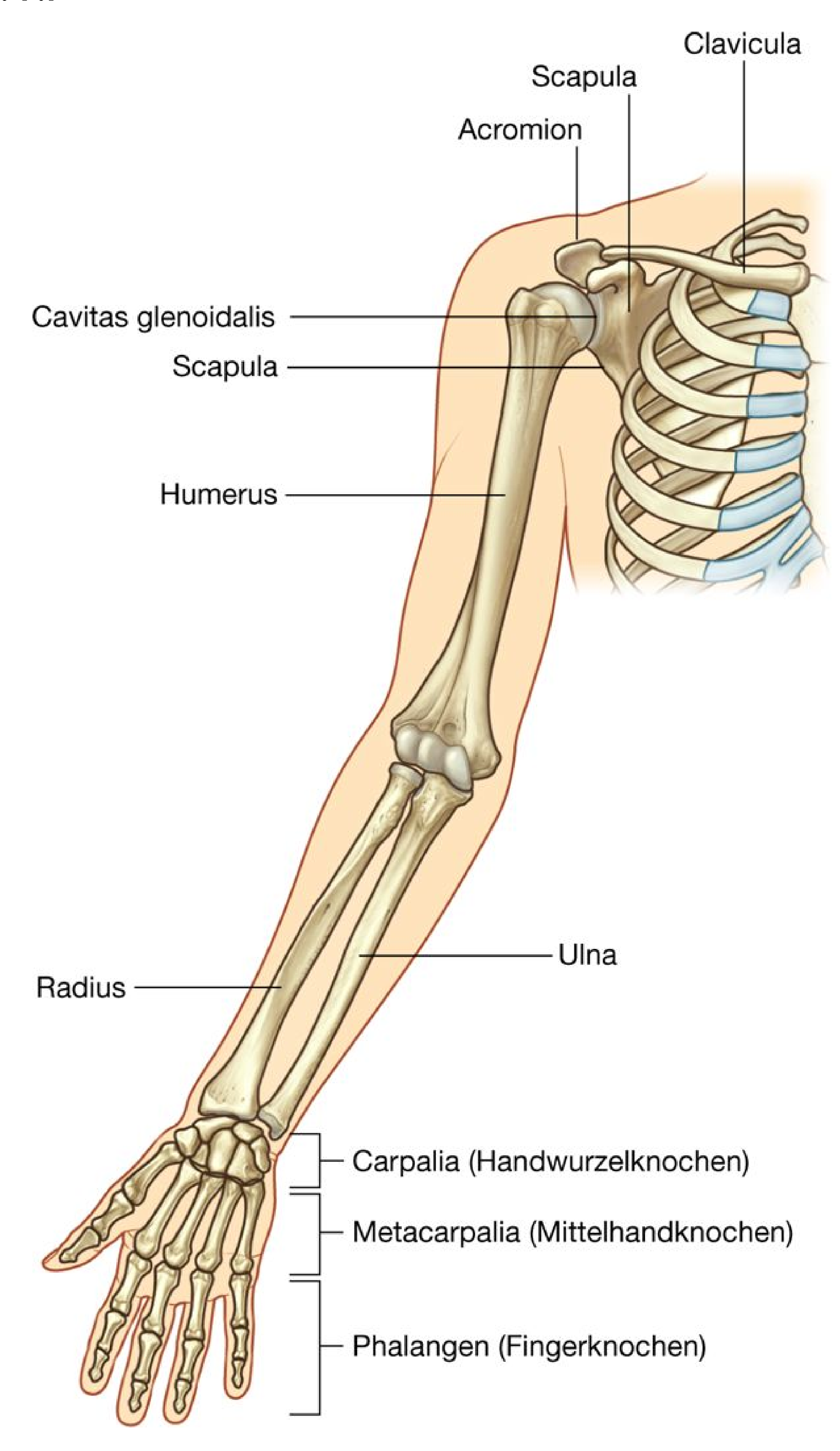
BESTANDTEILE

Knochen und Gelenke

Zu den Knochen der Schulter gehören das Schulterblatt (Scapula), das Schlüsselbein (Clavicula) und das proximale Ende des Oberarmknochens (Humerus); Abb. 7.7).

Die Clavicula artikuliert medial mit dem Manubrium sterni (Articulatio sternoclavicularis) und lateral mit dem Acromion des Schulterblatts (Articulatio acromioclavicularis). Das Acromion ragt über das Schultergelenk (Articulatio glenohumeralis) zwischen Fossa glenoidalis der Scapula und dem Humeruskopf. Das Schultergelenk erlaubt Anteversion, Retroversion, Abduktion, Elevation, Adduktion, Innenrotation, Außenrotation und Zirkumduktion des Arms. An den Bewegungen wirken außer den drei Gelenken zwei Gleitlager mit. Das „Schulterblatt-Thorax-Gelenk“ erlaubt Dreh- und Verschiebebewegungen der Scapula auf dem Thorax; das „subakromiale Nebengelenk“, das aus zwei Schleimbeuteln besteht, erlaubt Gleitbewegungen von Schulterstrukturen unterhalb des Schulterdachs.

Abb. 7.7



Knochen der oberen Extremität.

Der Humerus ist der Oberarmknochen (Abb. 7.7). Das distale Humerusende artikuliert im Ellenbogengelenk mit den Knochen des Unterarms (Articulatio cubiti). Das Ellenbogengelenk ist ein Scharniergelenk, das die Extension und die Flexion des Unterarms erlaubt.

Der Unterarm besitzt zwei Knochen:

- Der laterale Knochen ist der Radius (Speiche).
- Der mediale Knochen ist die Ulna (Elle; Abb. 7.7).

Im Ellenbogengelenk artikulieren sowohl die proximalen Enden von Radius und Ulna (Articulatio radioulnaris proximalis) als auch die beiden Unterarmknochen mit dem Humerus.

Außer Streckung und Beugung des Unterarms erlaubt das Ellenbogengelenk die Drehung des Radiusköpfchens gegen die Ulna im Rahmen der Pro- und Supination der Hand.

634

635

Auch die distalen Enden von Radius und Ulna artikulieren miteinander (Articulatio radioulnaris distalis). Dieses Gelenk ermöglicht es dem Radius, um die Ulna zu gleiten. Durch die Funktionseinheit aus proximalem und distalem Radioulnargelenk werden Pronation und Supination ermöglicht.

Das Handgelenk (Articulatio radiocarpalis; Radiokarpalgelenk) wird vom Radius und von den Handwurzelknochen (Ossa carpalia) sowie einem Discus ulnocarpalis und den distal von der Ulna liegenden Handwurzelknochen gebildet. Das Handgelenk ermöglicht die Radial- und Ulnarabduktion sowie die Palmarflexion und die Dorsalextension der Hand.

Die Knochen der Hand bestehen aus den Handwurzelknochen (Ossa carpi), den Mittelhandknochen (Ossa metacarpi) und den Fingerknochen (Phalangen; Abb. 7.7).

Die fünf Finger (Digiti) der Hand sind der Daumen, der Zeigefinger, der Mittelfinger, der Ringfinger und der kleine Finger.

Gelenke zwischen den acht Handwurzelknochen erlauben minimale Bewegungen; deshalb wirken sie als Einheit.

Die fünf Mittelhandknochen, je einer für jeden Finger, bilden das Grundskelett der Hohlhand (Abb. 7.7).

Das Gelenk zwischen dem ersten Mittelhandknochen und einem der Handwurzelknochen (Os trapezium), besitzt eine größere Beweglichkeit als die übrigen Karpometakarpalgelenke.

Die distalen Köpfe der Mittelhandknochen II–V (mit Ausnahme des Daumens) sind über kräftige Bänder miteinander verbunden. Das Fehlen der ligamentären Verbindung zwischen dem ersten (Daumen) und dem zweiten Mittelhandknochen (Zeigefinger) sowie das biaxiale **Sattelgelenk** zwischen dem ersten Mittelhandknochen und dem Os trapezium (großes Vieleckbein) erlauben dem Daumen ein deutlich größeres Bewegungsausmaß als allen anderen Fingern der Hand.

Die Knochen der Finger sind die Phalangen (Abb. 7.7). Der Daumen besitzt zwei Phalangen, alle anderen Finger drei Phalangen.

Die Metakarpophalangealgelenke (Articulationes metacarpophalangeae) sind nach der Form ihrer Gelenkkörper Kugelgelenke, die Palmarflexion, Dorsalextension, Abduktion, Adduktion und Zirkumduktion ermöglichen (Abb. 7.8).

Abduktion und Adduktion der Finger sind als Beziehung der Finger zu der Achse definiert, die durch den Mittelfinger der Hand in anatomischer Stellung verläuft. Der Mittelfinger kann nach medial und lateral abduziert und zurück in die Mittelstellung adduziert werden. Die Interphalangealgelenke (Articulationes interphalangeae manus) sind aufgrund des Bandapparats **Scharniergelenke**, die nur Beugung und Streckung der Finger ermöglichen.

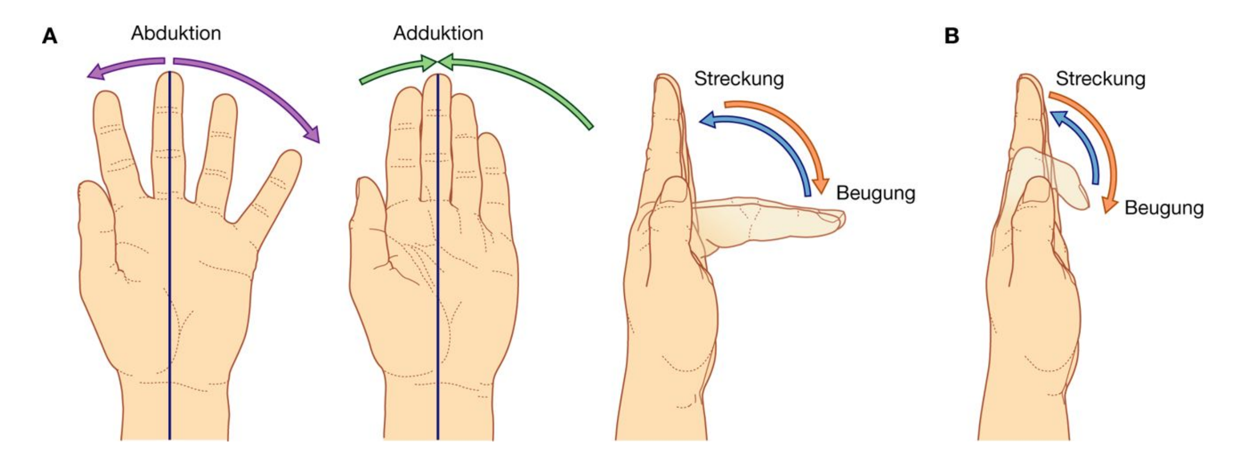
Muskeln

Einige Schultermuskeln, wie die Musculi trapezius, levator scapulae und rhomboidei, verbinden die Scapula und die Clavicula mit dem Rumpf. Andere Muskeln verbinden die Clavicula, die Scapula und die Thoraxwand mit dem proximalen Humerusende. Dazu gehören die Musculi pectoralis major, pectoralis minor, latissimus dorsi, teres major und deltoideus (Abb. 7.9A und B). Die vier wichtigsten Muskeln sind die Muskeln der Rotatorenmanschette – Musculi subscapularis, supraspinatus, infraspinatus und teres minor –, welche die Scapula mit dem Humerus verbinden und das Schultergelenk zu einem muskulär geführten Gelenk machen (Abb. 7.9C).

Die Muskeln von Ober- und Unterarm werden durch Faszien, Knochen und Bänder in eine vordere (Beugemuskulatur) und eine hintere (Streckmuskulatur) Muskelloge getrennt (Abb. 7.10).



Abb. 7.8

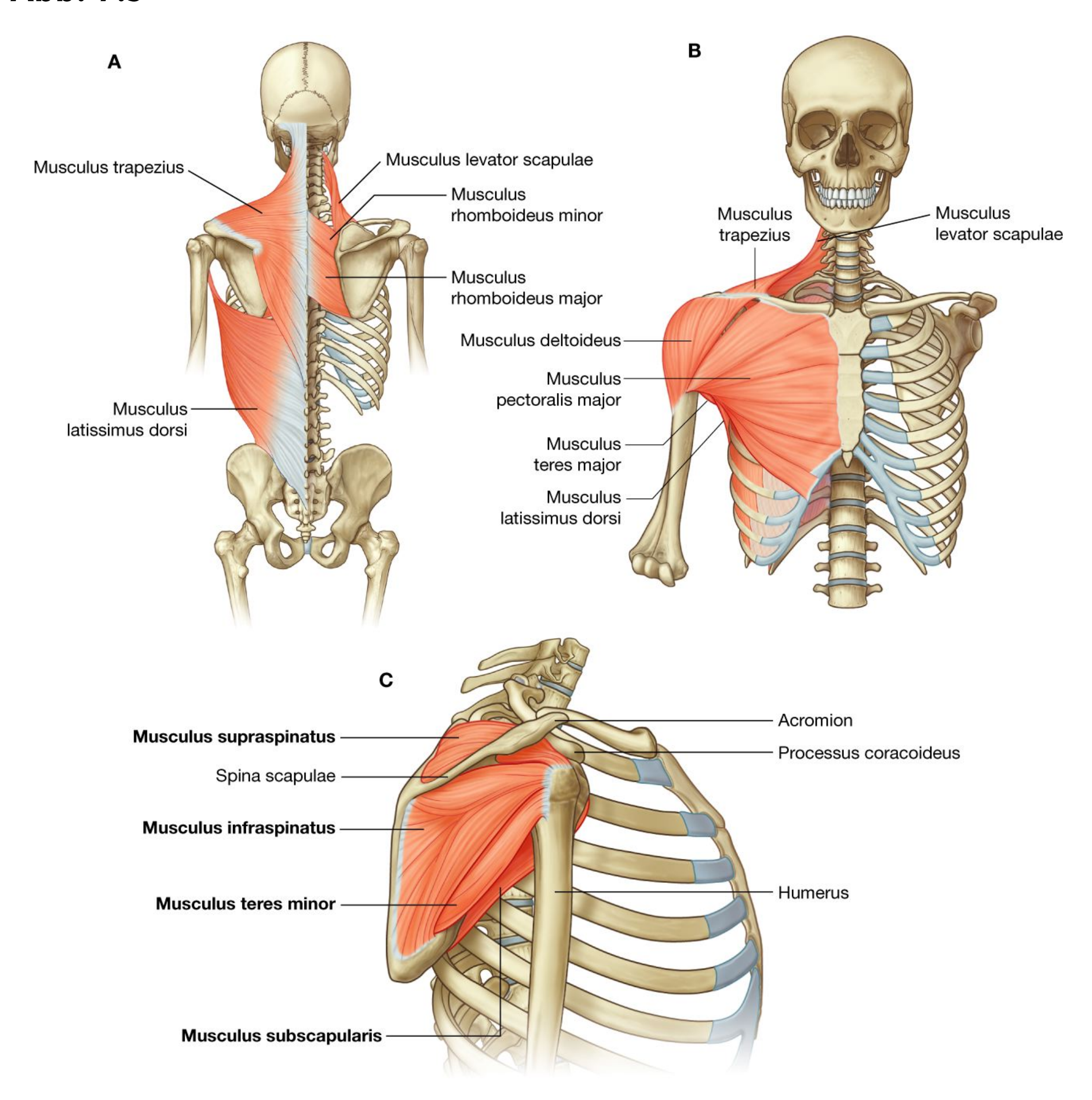


A. Bewegungen der Metakarpophalangealgelenke und **B**. der Interphalangealgelenke.

Die vordere (ventrale) Muskelloge des Oberarms wird durch den Humerus sowie die Septa intermuscularia mediale und laterale von den Muskeln der hinteren (dorsalen) Muskelloge

getrennt. Die beiden intermuskulären Septen stehen mit der Oberamfaszie in Verbindung und setzen beidseits am Humerus an.

Abb. 7.9



Muskeln der Schulter. **A**. Posteriore Schulter. **B**. Anteriore Schulter. **C**. Muskeln der Rotatorenmanschette.

Am Unterarm sind das ventrale und das dorsale Kompartiment durch ein Septum intermusculare laterale, den Radius, die Ulna und die Membrana interossea antebrachii, die die benachbarten Seiten von Radius und Ulna miteinander verbindet, getrennt (Abb. 7.10).

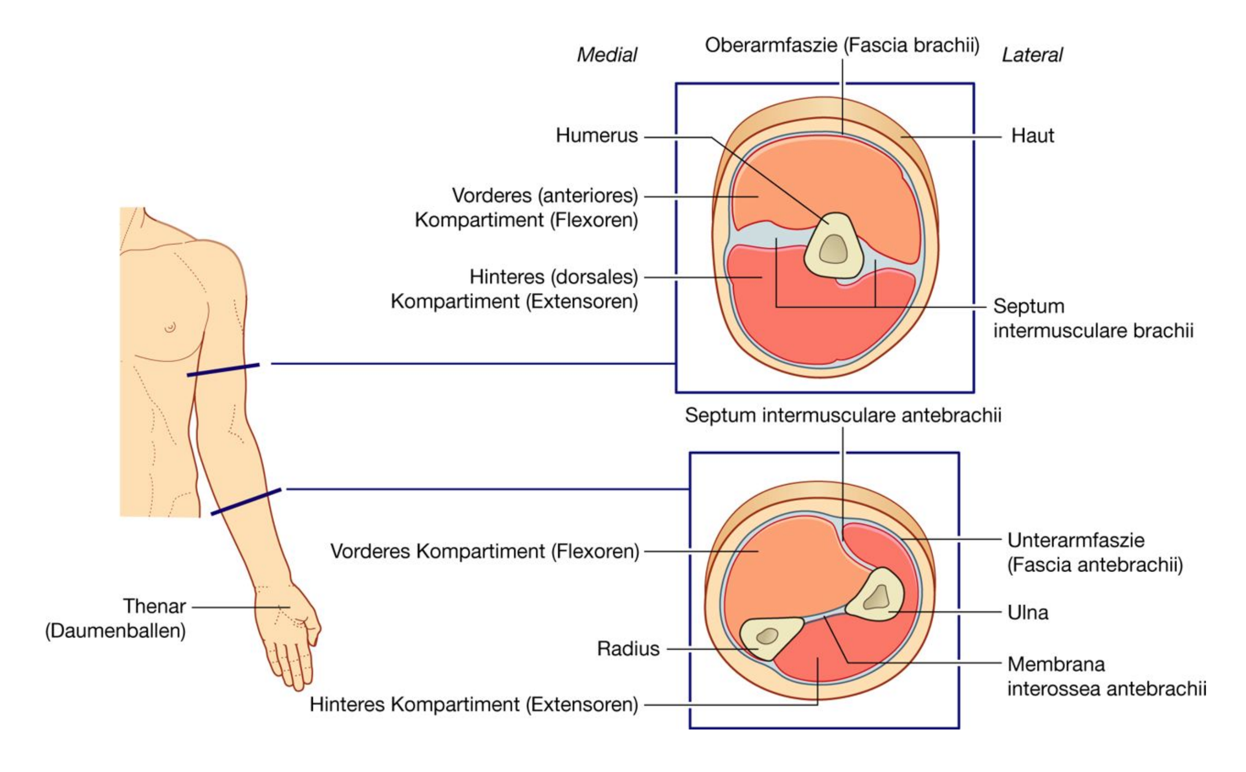
Die Oberarmmuskeln bewegen den Unterarm hauptsächlich im Ellenbogengelenk; die Unterammuskulatur bewegt vorwiegend das Handgelenk und die Finger.

Die kleinen Handmuskeln (intrinsische Muskulatur) bewirken feine Bewegungen der Finger und modifizieren die Kraftentfaltung der langen Unetrarmsehnen. Zur intrinsischen Muskulatur der

Hand gehören auch drei kleine Thenarmuskeln, die ein weiches Gewebekissen bilden, das **Thenar (Daumenballen)**, das palmar über dem ersten Mittelhandknochen liegt. Durch die Thenarmuskulatur besitzt der Daumen im Vergleich zu den übrigen Fingern ein relativ großes Bewegungsausmaß.

636
637

Abb. 7.10



Muskelkompartimente in Ober- und Unterarm.

BEZIEHUNGEN ZU ANDEREN REGIONEN

Hals

Die obere Extremität steht in direkter Beziehung zum Hals. Jeweils lateral von der **oberen Thoraxapertur** befindet sich an der Halsbasis ein axillärer Zugang, der gebildet wird aus:

- dem lateralen Rand der 1. Rippe
- dem Hinterrand der Clavicula
- dem Oberrand der Scapula
- der medialen Oberfläche des Processus coracoideus (Abb. 7.11).

Die Hauptgefäße der oberen Extremität verlaufen zwischen Thorax und Oberarm über die 1. Rippe und durch den axillären Zugang. Die überwiegend aus dem zervikalen Anteil des Rückenmarks stammenden Nerven treten ebenfalls durch den axillären Zugang und die Axilla, um die obere Extremität zu innervieren.

Rücken und Thoraxwand

Die Muskeln, die die Knochen der Schulter am Rumpf fixieren, sind mit dem Rücken und der Thoraxwand verbunden. Dazu gehören die Musculi trapezius, levator scapulae, rhomboideus major, rhomboideus minor und latissimus dorsi (Abb. 7.12).

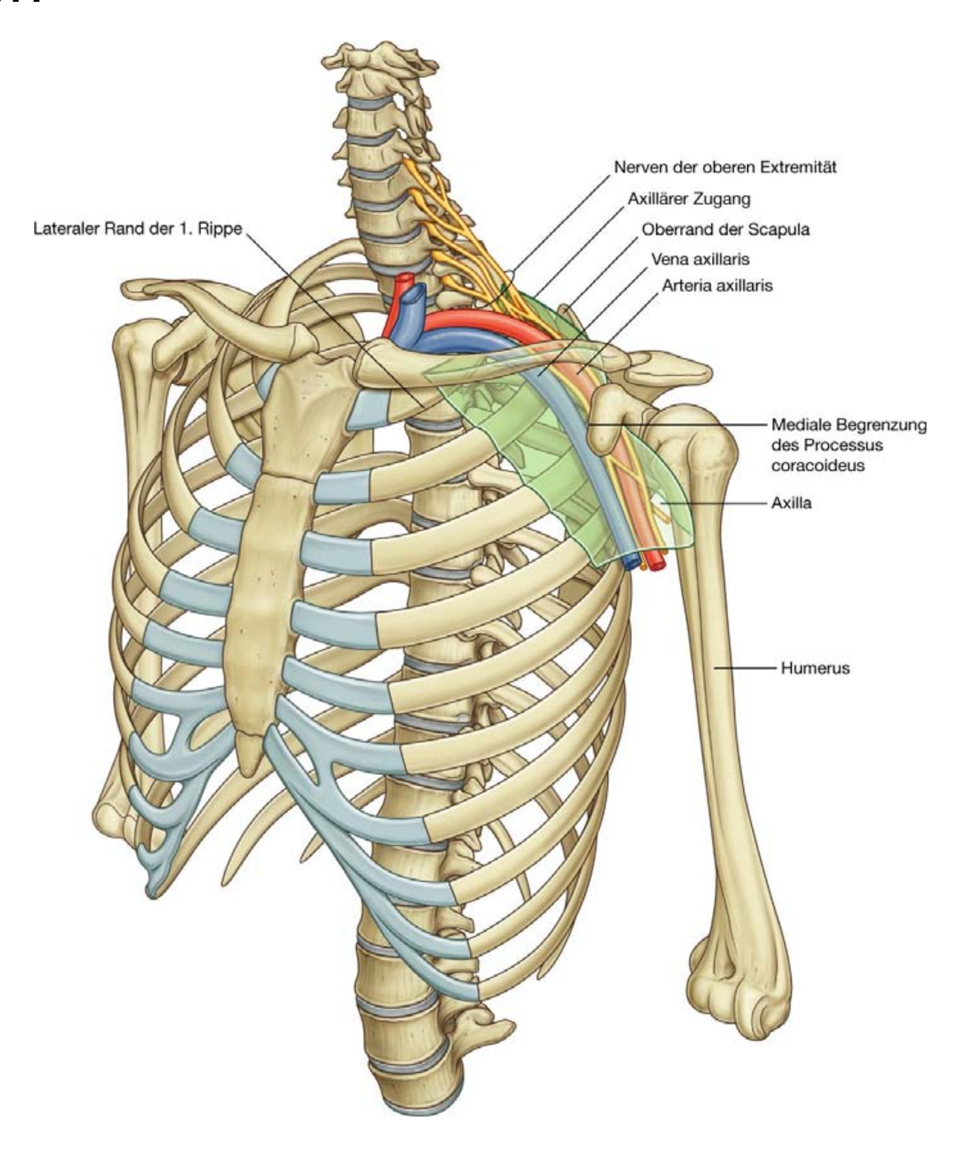
Die Brustdrüse (Mamma) an der vorderen Thoraxwand hat eine Anzahl wichtiger Lagebeziehungen zur Axilla und zur oberen Extremität. Sie liegt auf dem Musculus pectoralis major, der den Hauptanteil der vorderen Axillabegrenzung bildet und den Humerus an der Brustwand befestigt (Abb. 7.13). Häufig reicht ein Teil der Brustdrüse als Processus axillaris um den lateralen Rand des Musculus pectoralis herum bis in die Axilla.

Der Lymphabfluss der lateralen und oberen Brustanteile erfolgt überwiegend in die axillären Lymphknoten. Mehrere die Mamma versorgende bzw. drainierende Arterien und Venen kommen ebenfalls aus Hauptgefäßen der Vasa axillaria.

637

638

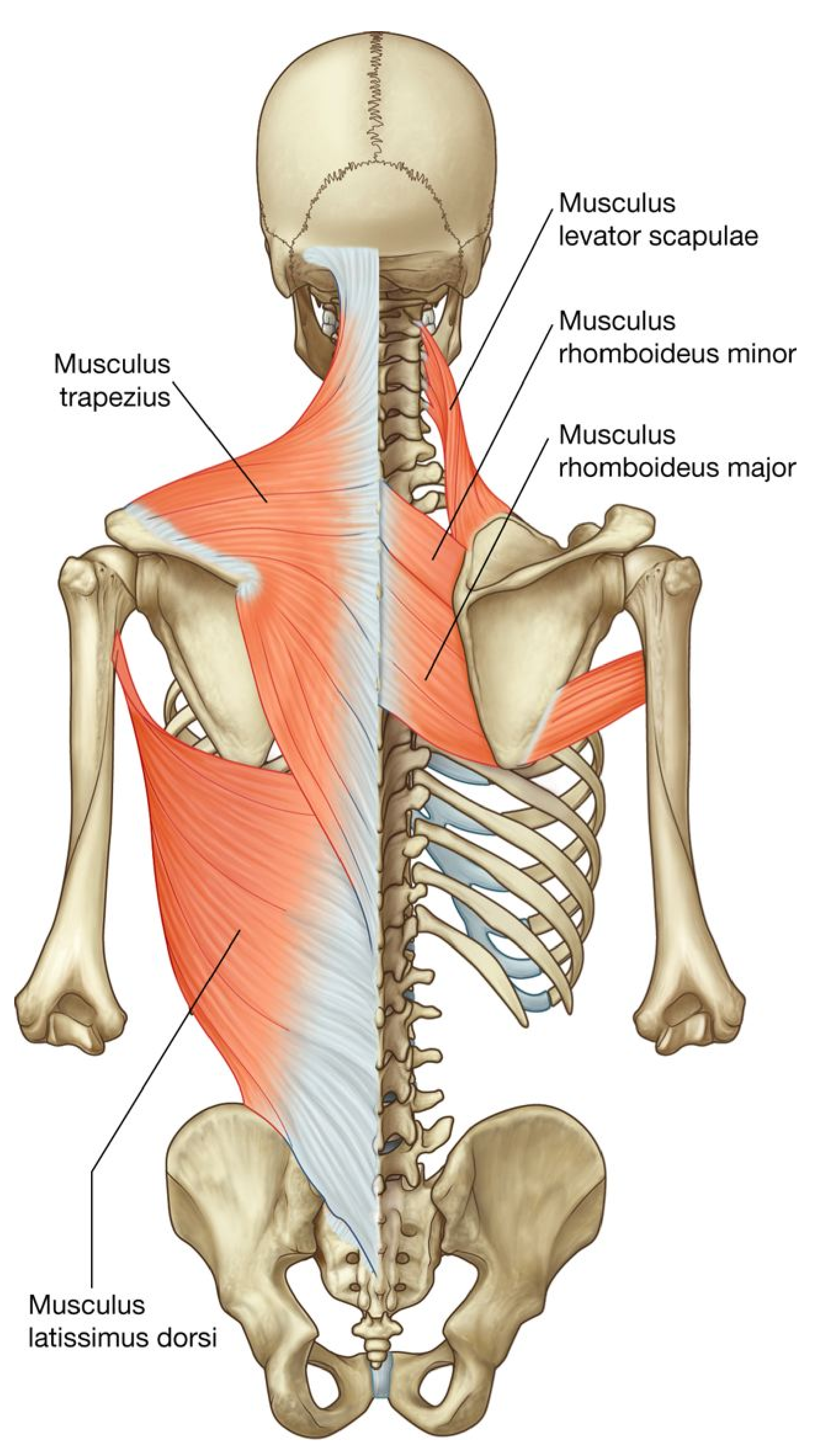
Abb. 7.11



Lagebeziehung der oberen Extremität zum Hals.

638

Abb. 7.12



Muskeln von Rücken und Thoraxwand.

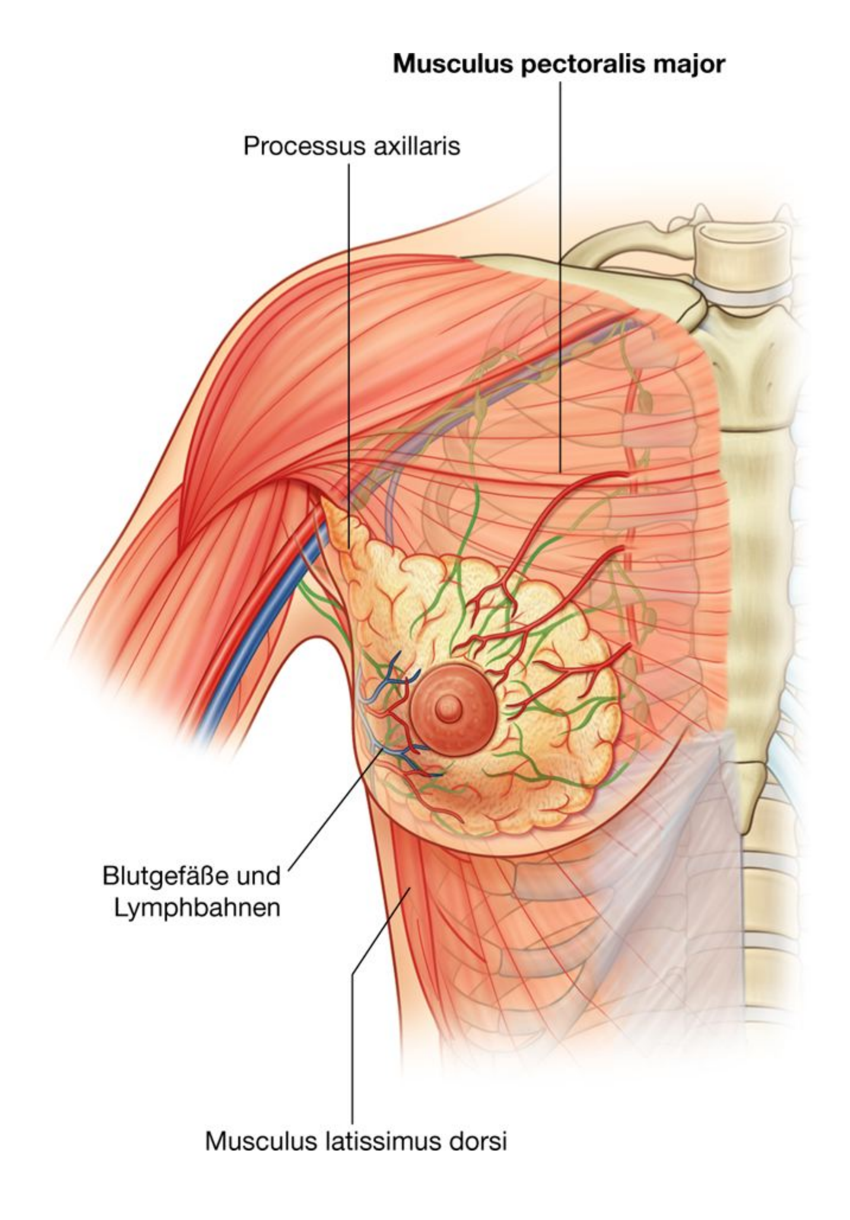
BESONDERHEITEN

Innervation durch zervikale und thorakale Nerven

Die obere Extremität wird durch den Plexus brachialis innerviert, der von den Rami anteriores der zervikalen Spinalnerven C5–C8 und von Th1 gebildet wird (Abb. 7.14). Der Plexus bildet sich im Halsbereich und verläuft durch die Axilla. Er teilt sich in der Axilla in die Hauptnerven auf, die letztlich Oberarm, Unterarm und Hand innervieren.

Aufgrund des Innervationsmusters lassen sich die unteren Zervikalnerven und der 1. Thorakalnerv klinisch untersuchen, indem man Dermatome, Myotome und Muskeleigenreflexe an der oberen Extremität testet. Außerdem folgt aus dem Innervationsmuster, dass sich von den unteren Zervikalnerven ausgehende Symptome, wie Schmerzen, Parästhesien und Muskelzuckungen, in der oberen Extremität manifestieren.

Abb. 7.13



Brustdrüse.

Die Dermatome der oberen Extremität (Abb. 7.15A) werden oft zur Testung der Sensibilität genutzt. Areale mit geringer Überschneidung der Dermatome sind:

- obere laterale Region des Oberarms für C5
- Daumenkuppe für C6
- Fingerkuppe des Zeigefingers für C7
- Fingerkuppe des Kleinfingers für C8
- Haut am medialen Ellenbogen für Th1.

Ausgewählte Gelenkbewegungen werden benutzt, um Myotome zu testen (Abb. 7.15B):

- Abduktion des Arms im Schultergelenk wird überwiegend durch C5 vermittelt.

639

640

- Beugung des Unterarms im Ellenbogengelenk wird hauptsächlich durch C6 bewirkt.
- Streckung des Arms im Ellenbogengelenk wird vorwiegend durch C7 kontrolliert.
- Flexion der Finger wird kontrolliert durch C8.
- Abduktion und Adduktion des Zeige-, Mittel- und Ringfingers werden überwiegend durch Th1 vermittelt.

Bei einem bewusstlosen Patienten können sowohl somatosensible als auch motorische Funktionen des Rückenmarks auf verschiedenen Ebenen durch Sehnenreflexe überprüft werden:

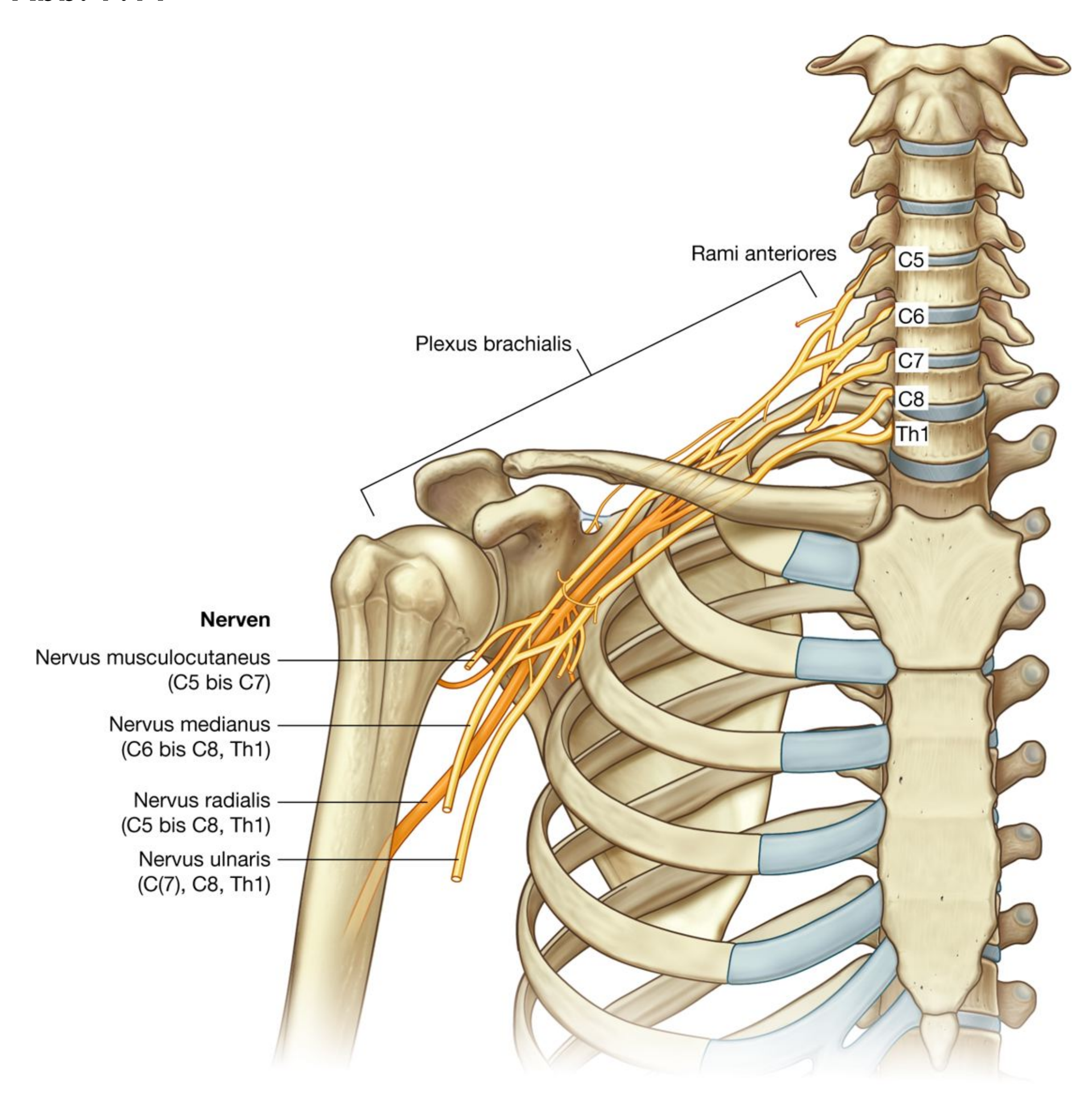
- Ein „Beklopfen" der Bizepssehne in der Ellenbeuge testet hauptsächlich die Rückenmarksebene C6,
- Ein „Beklopfen" der Trizepssehne am Ellenbogen testet vorwiegend C7.

Die Rückenmarksebene, die hauptsächlich für die Innervation des Zwerchfells verantwortlich ist (C4), liegt unmittelbar oberhalb der für die Innervation der oberen Extremität zuständigen Rückenmarksebenen.

Die Bestimmung der Dermatome und Myotome der oberen Extremität kann wichtige Informationen über potenzielle Atemprobleme liefern, die als Komplikationen von Rückenmarksverletzungen direkt unterhalb von C4 entstehen können.

Jedes Muskelkompartiment im Ober- und Unterarm und jeder intrinsische Muskel der Hand werden vorwiegend durch einen der Hauptnerven, die aus dem Plexus brachialis hervorgehen, innerviert (Abb. 7.16A):

Abb. 7.14



Innervation der oberen Extremität.

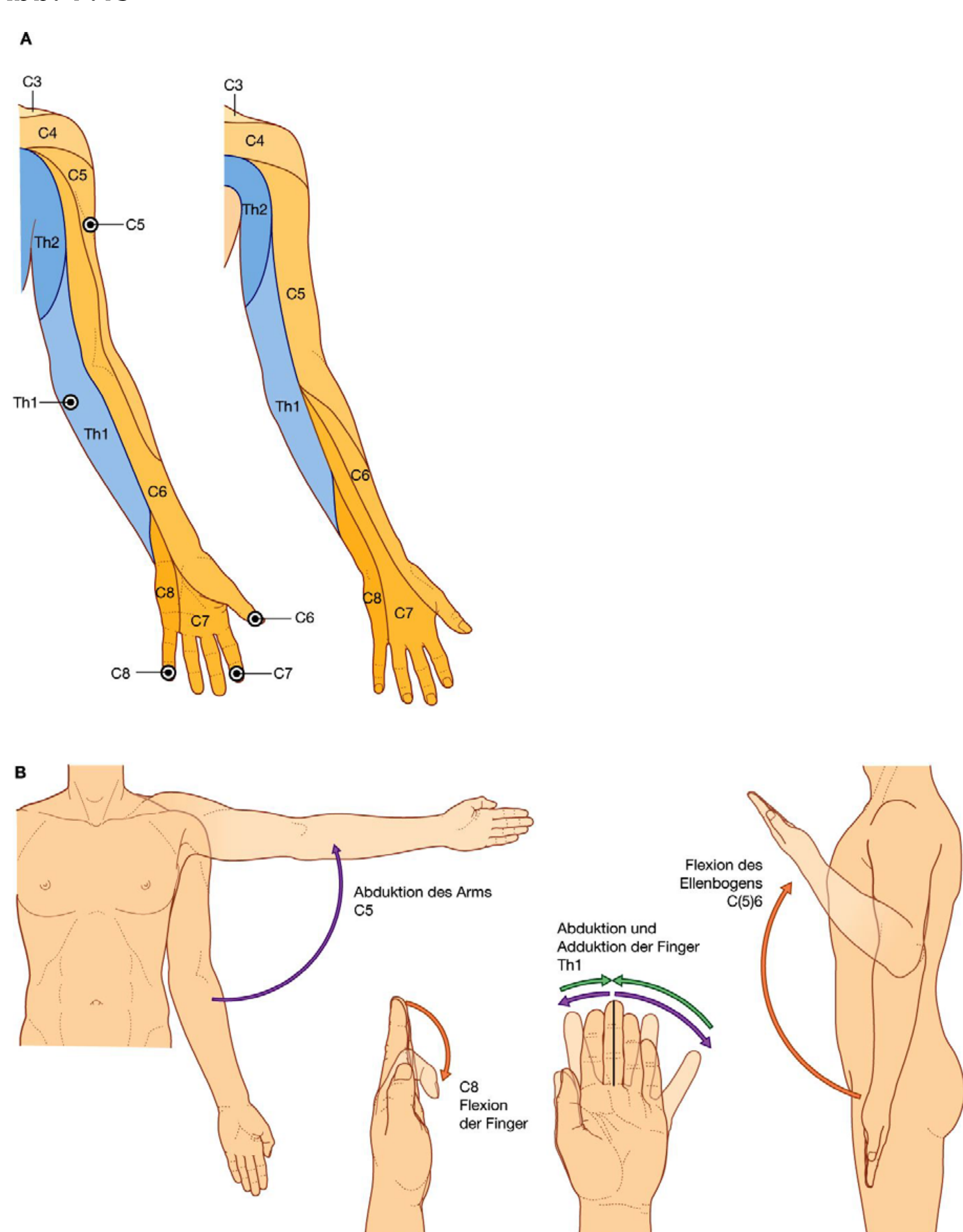
- Alle Muskeln des ventralen Kompartiments des Oberarms werden vom Nervus musculocutaneus innerviert.

640
641

- Der Nervus medianus innerviert die Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterarms mit zwei Ausnahmen: Ein Beuger des Handgelenkes (Musculus flexor carpi ulnaris) und ein Teil eines Fingerbeugers (die mediale Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus) werden vom Nervus ulnaris innerviert.
- Die meisten intrinsischen Muskeln der Hand werden vom Nervus ulnaris innerviert. Ausnahmen bilden die Thenarmuskulatur sowie die beiden lateralen Musculi lumbricales, die vom Nervus medianus innerviert werden.

- Alle Muskeln der dorsalen Muskellogen des Ober- und Unterarms werden vom Nervus radialis innerviert.

Abb. 7.15



Dermatome und Myotome der oberen Extremität. **A**. Dermatome. **B**. Über Myotome vermittelte Bewegungen.

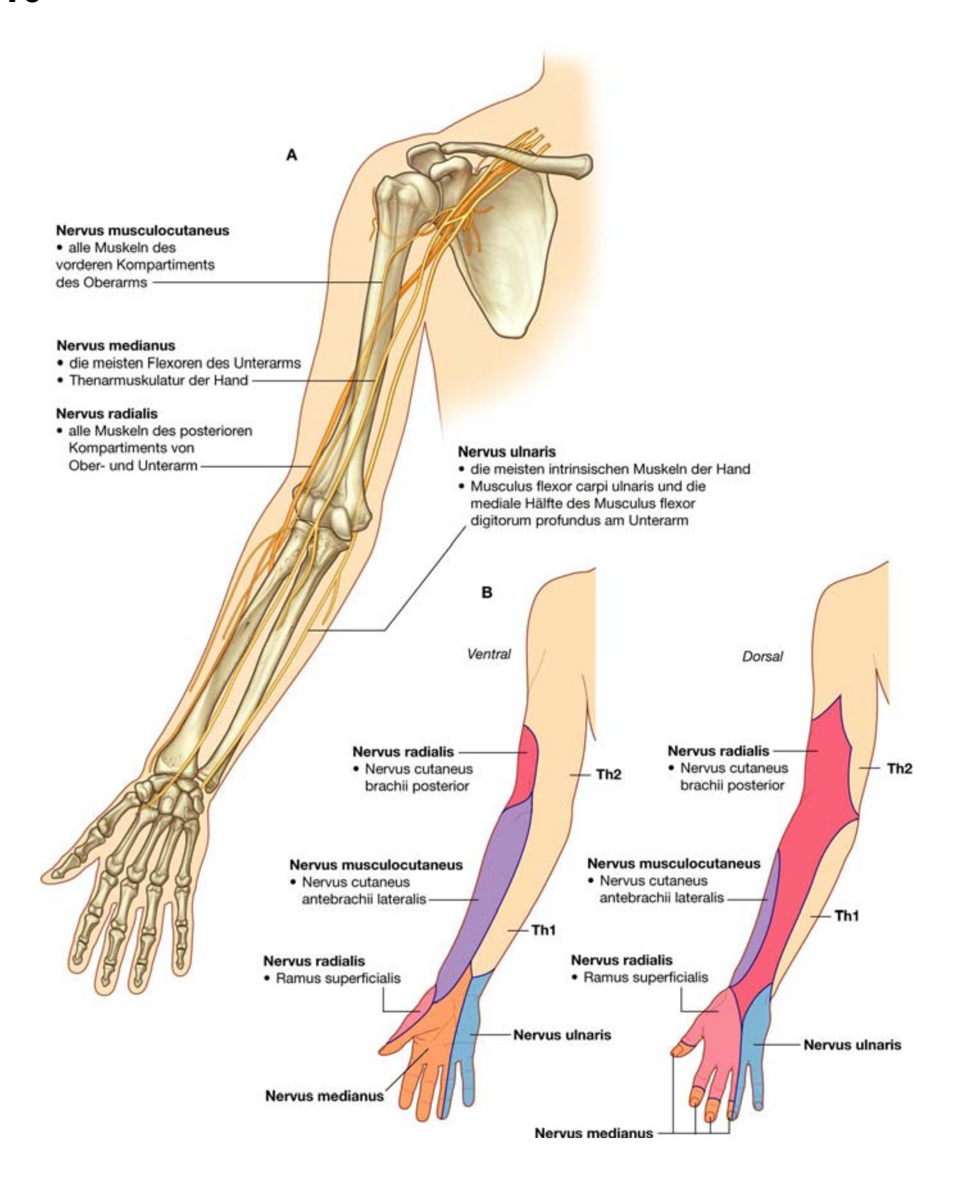
Zusätzlich zur Innervation der Hauptmuskelgruppen leitet jeder periphere Nerv des Plexus brachialis somatosensible Informationen von Hautarealen, die von den Dermatomen abweichen (Abb. 7.16B). *Die Sensibilität in diesen Arealen kann benutzt werden, um periphere Nervenläsionen zu diagnostizieren:*

- Der Nervus musculocutaneus innerviert die Haut auf der anterolateralen Seite des Unterarms.
- Der Nervus medianus innerviert die palmare Oberfläche der lateralen dreieinhalb Finger; der Nervus ulnaris innerviert die medialen eineinhalb Finger.
- Der Nervus radialis innerviert die Haut auf der Rückseite des Unterarms und der dorsolateralen Oberfläche der Hand.

641

642

Abb. 7.16



Nerven der oberen Extremität. **A**. Hauptnerven von Ober- und Unterarm. **B**. Vordere und hintere Areale der Haut, die von den peripheren Nerven des Ober- und Unterarms innerviert werden.

642

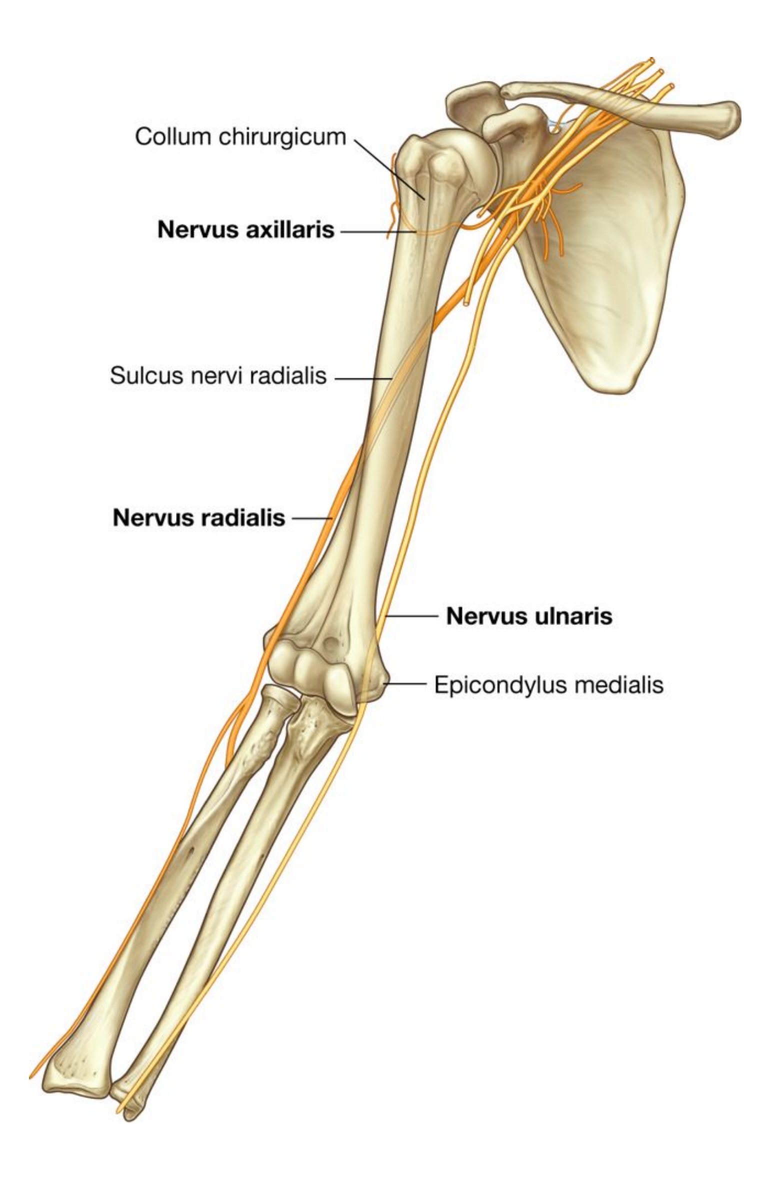
Die Nerven in Beziehung zu Knochen

Drei wichtige Nerven stehen in direkter Verbindung zu Anteilen des Humerus (Abb. 7.17).

- Der Nervus axillaris, der den Musculus deltoideus, einen Hauptabduktor des Schultergelenks, innerviert, verläuft um den Hinterrand des proximalen Humerusendes (Collum chirurgicum).
- Der Nervus radialis, der alle Streckermuskeln der oberen Extremität innerviert, läuft diagonal um die Hinterfläche des mittleren Abschnitts des Humerus im Sulcus nervi radialis.
- Der Nervus ulnaris, der letztendlich die Hand innerviert, verläuft hinter einer knöchernen Vorwölbung des medial distalen Humerusanteils, Epicondylus medialis.

Frakturen des Humerus in einer der drei Regionen können den entsprechenden Nerv gefährden.

Abb. 7.17



Nerven in Beziehung zum Humerus.

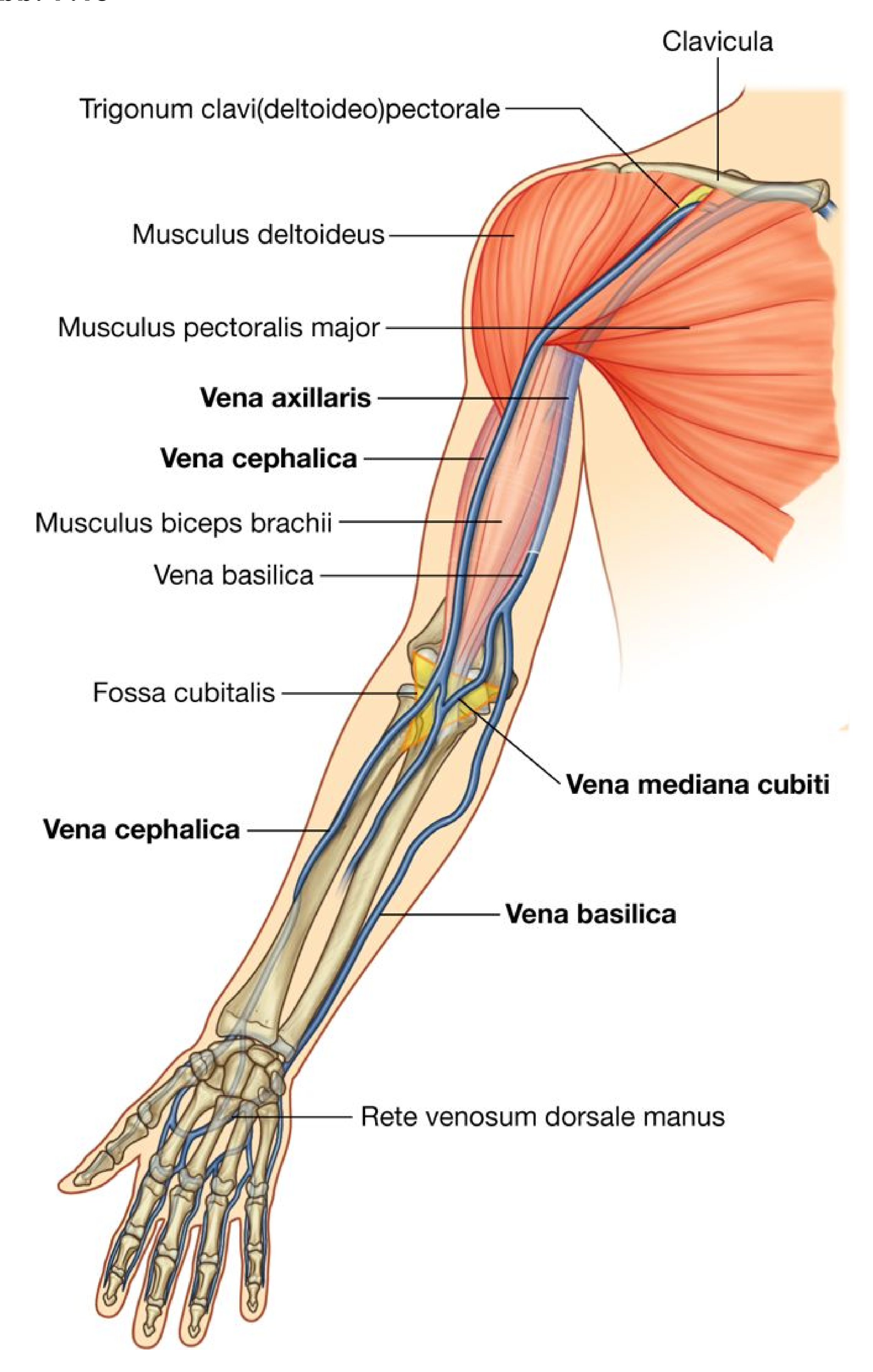
Oberflächliche Venen

Die großen Venen in der Subcutis der oberen Extremität werden häufig als Zugang zum Gefäßsystem genutzt, indem daraus Blut abgenommen wird. Die wichtigsten oberflächlichen Venen des Arms sind die Vena cephalica, die Vena basilica und die Kubitalvenen (Abb. 7.18).

Die **Vena cephalica** und die **Vena basilica** gehen aus dem **Rete venosum dorsale manus** des Handrückens hervor.

Die Vena cephalica zieht durch die Tabatière an der Daumenbasis. Anschließend verläuft sie lateral um den distalen Unterarm, um auf die anterolaterale Oberfläche des Unterarms zu gelangen und von dort weiter nach proximal zu verlaufen. Sie tritt über den Ellenbogen zum Oberarm, um schließlich im Bereich der Schulter durch eine dreieckige Aussparung, das **Trigonum clavi(deltoideo)pectorale** (Mohrenheim-Grube), im Bereich der Axilla in der Tiefe zu verschwinden, indem sie durch die Faszie unmittelbar unterhalb der Clavicula tritt.

Abb. 7.18



Subkutane Venen der oberen Extremität. Das Areal der Ellenbeuge ist gelb markiert.

Die Vena basilica entsteht auf der ulnaren Seite des Rete venosum dorsale manus und verläuft an der posteromedialen Oberfläche des Unterarms nach proximal. Sie tritt unmittelbar unterhalb des Ellenbogens auf die ventrale Oberfläche des Oberarms und verläuft dann weiter nach proximal, um etwa in Oberarmmitte durch die Oberarmfaszie in die Tiefe zu treten.

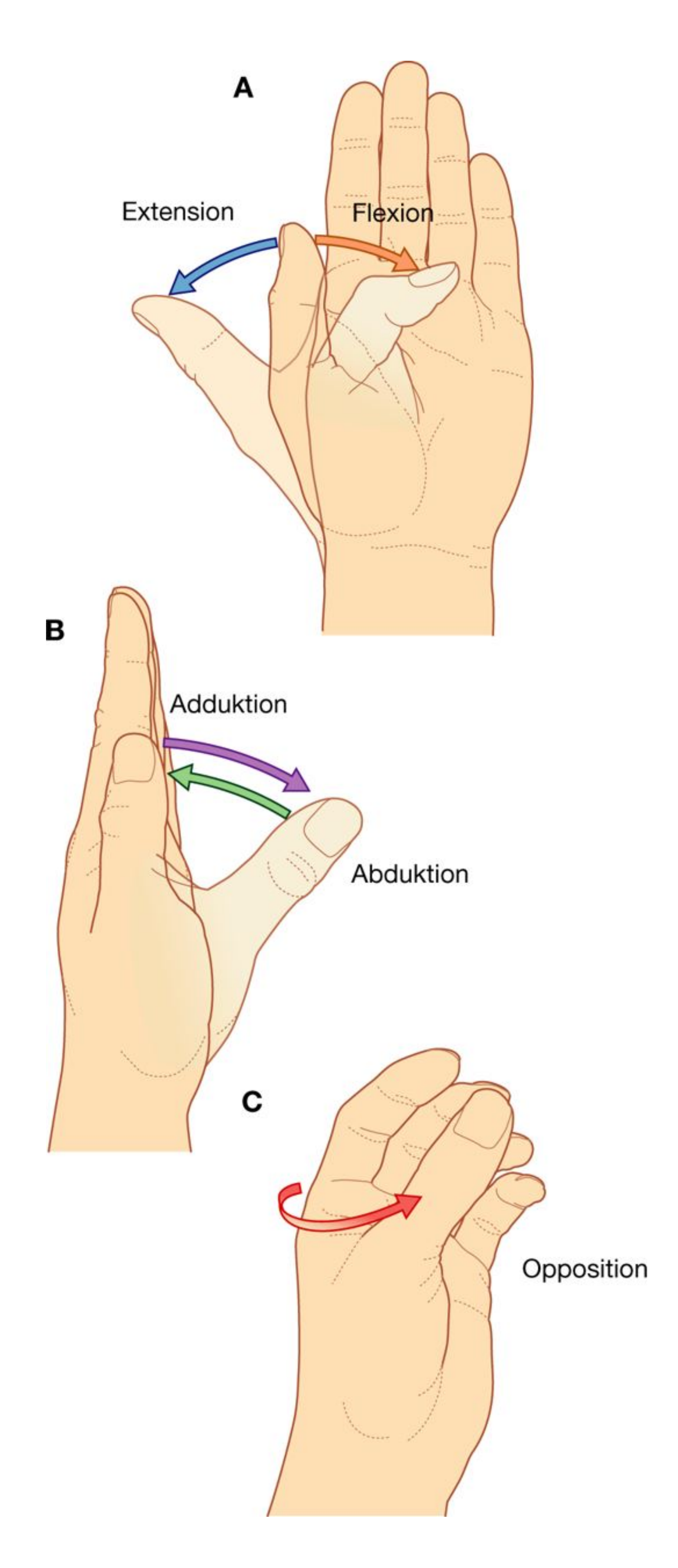
Am Ellenbogen sind die Vena cephalica und die Vena basilica durch die **Vena mediana cubiti** miteinander verbunden, die das Dach der Fossa cubitalis kreuzt.

Orientierung des Daumens

Der Daumen liegt im rechten Winkel zu Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und kleinem Finger (Abb. 7.19). Die Bewegungen des Daumens erfolgen dadurch im rechten Winkel zu den anderen Fingern. Die Beugung führt den Daumen über die Hohlhand. Die Abduktion bewegt ihn im rechten Winkel zur Hohlhand von den Fingern weg.

Wenn der Daumen in einem rechten Winkel zur Hohlhand steht, ist nur eine leichte Rotation im ersten Metakarpalknochen erforderlich, um die Daumenkuppe den anderen Fingerkuppen direkt gegenüberzustellen. Diese Opposition des Daumens ist für die normale Handfunktion essenziell.

Abb. 7.19



Bewegungen des Daumen. **A**. Extension und Flexion. **B**. Abduktion und Adduktion. **C**. Opposition.

Topographie

SCHULTER

Die Schulter ist der Bereich der oberen Extremität, der den Rumpf und den Hals mit dem Arm verbindet.

Das knöcherne Schulterskelett besteht aus:

- Clavicula und Scapula, die den **Schultergürtel** bilden
- proximalem Humerusende.

Zu den oberflächlichen Schultermuskeln gehören der Musculus trapezius und der Musculus deltoideus, die gemeinsam die glatte muskuläre Kontur der lateralen Schulter bilden. Beide Muskeln verbinden Scapula und Clavicula mit Rumpf und Oberarm.

Knochen

Clavicula

Die Clavicula ist die einzige knöcherne Verbindung des Rumpfes mit der oberen Extremität. *Sie ist auf ihrer gesamten Länge tastbar und hat eine leichte S-Form mit einer nach vorn zeigenden medialen konvexen Seite und einer lateralen konkaven Seite*. Das akromiale Ende der Clavicula ist flach, das sternale Ende kräftiger und viereckig (Abb. 7.20).

Das akromiale Ende (Extremitas acromialis) der Clavicula besitzt eine schmale ovale Facette (Facies articularis acromialis), die mit einer ähnlichen Facette auf der medialen Oberfläche des Acromions der Scapula artikuliert.

Das sternale Ende (Extremitas sternalis) besitzt eine deutlich größere Gelenkfacette zur Artikulation (Facies articularis sternalis) mit dem Sternum sowie zum kleineren Teil auch mit dem Knorpel der 1. Rippe.

Auf der Unterfläche des lateralen Claviculadrittels befindet sich eine Tuberositas, die aus einem Höckerchen **(Tuberculum conoideum)** und einer lateralen Aufrauung **(Linea trapezoidea)** zur Befestigung des Ligamentum coracoclaviculare besteht.

Daneben dienen die aufgerauten Oberflächen und Ränder der Clavicula zur Anheftung der Muskeln, die sie mit Rumpf, Hals und oberer Extremität verbinden. Der Oberrand der Clavicula ist glatter als ihr Unterrand.

Scapula

Die Scapula ist ein großer flacher, dreieckiger Knochen mit (Abb. 7.21):

- drei Winkeln (Anguli lateralis, superior und inferior)

- drei Grenzen (Margines superior, lateralis und medialis)
- zwei Oberflächen (Facies costalis und Facies posterior)
- drei Fortsätzen (Acromion, Spina und Processus coracoideus).

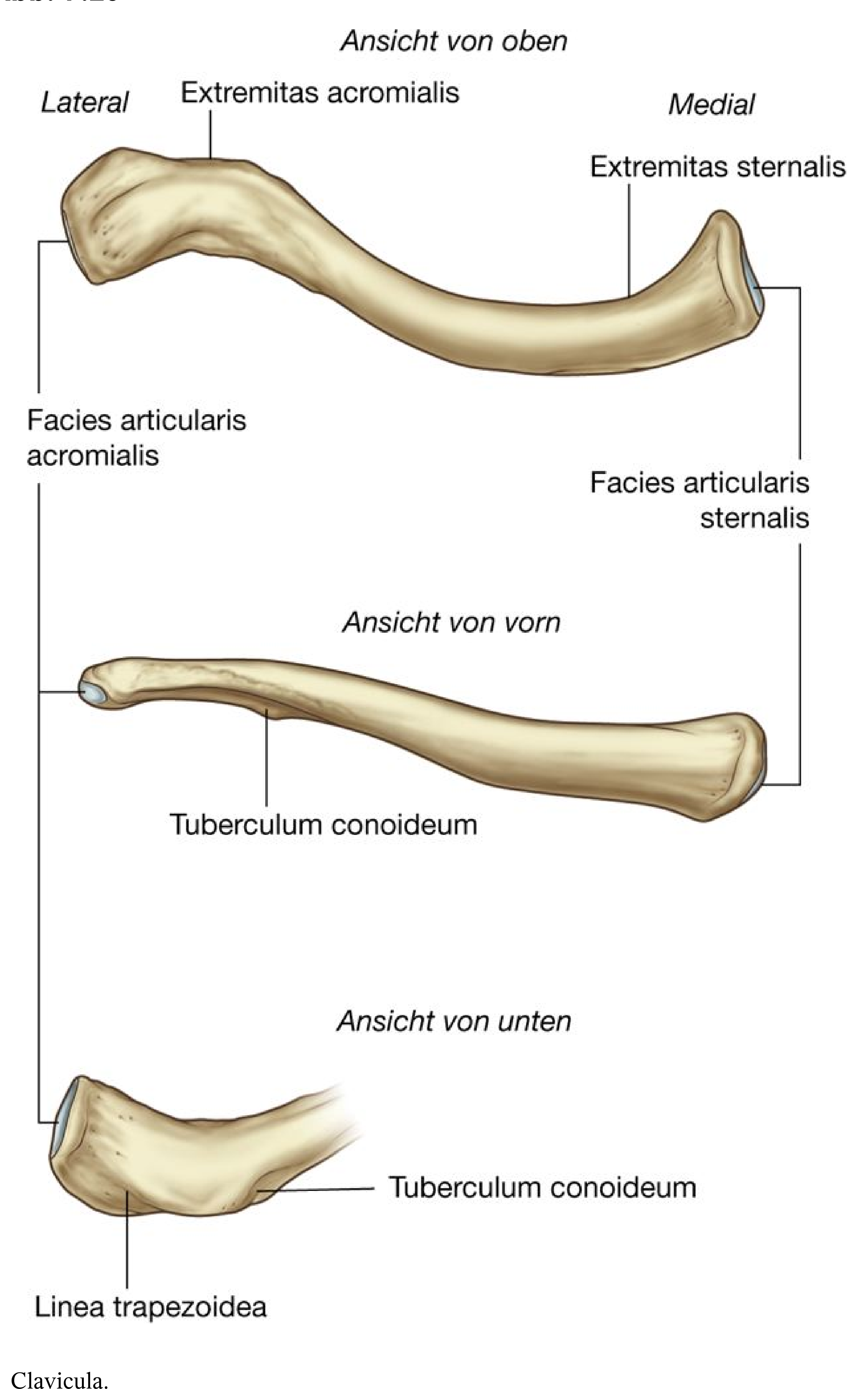
Der **Angulus lateralis** der Scapula fällt durch eine flache kommaartig geformte **Cavitas glenoidalis** auf, die mit dem Humeruskopf artikuliert und das Schultergelenk (Articulatio glenohumeralis) bildet (Abb. 7.21B und C).

Eine große, dreieckige Aufrauung **(Tuberculum infraglenoidale)** unterhalb der Cavitas glenoidalis dient der langen Sehne des Musculus triceps brachii als Ursprung.

Ein weniger deutliches **Tuberculum supraglenoidale** liegt oberhalb der Cavitas glenoidalis und ist Ursprungsort der langen Bizepssehne.

Die prominente Spina scapulae unterteilt die Hinterfläche der Scapula in eine kleine obere Fossa supraspinata und eine deutlich größere untere Fossa infraspinata (Abb. 7.21A).

Abb. 7.20

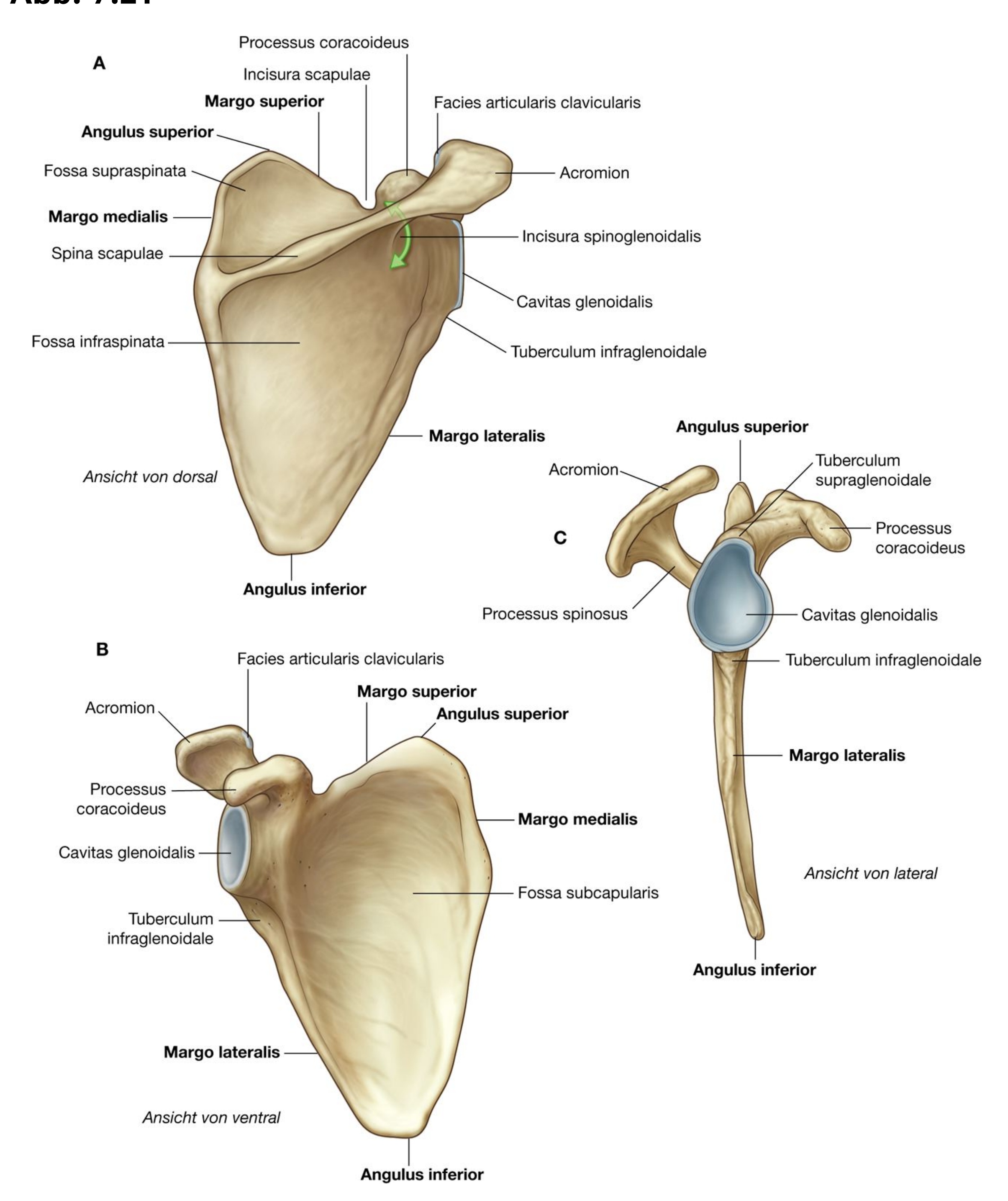


Clavicula.

Das **Acromion**, der anterolaterale Fortsatz der Spina scapulae, ragt über das Schultergelenk hinaus und artikuliert über eine kleine ovale Facette am distalen Ende mit der Clavicula (Articulatio acromioclavicularis, Schultereckgelenk).

Zwischen dem lateralen Rand der Scapula und der Anheftung der Spina an der Rückfläche der Scapula befindet sich die Incisura spinoglenoidalis.

Abb. 7.21



Scapula. **A**. Ansicht von dorsal auf eine rechte Scapula. **B**. Ansicht von ventral. **C**. Ansicht von lateral.

Anders als die dorsale Oberfläche der Scapula ist die **kostale Oberfläche** vor allem durch die flache konkave **Fossa subscapularis** charakterisiert (Abb. 7.21B). Die kostale Oberfläche und die Ränder der Scapula dienen als Anheftungsstelle für die Muskulatur. Die Facies costalis bewegt sich zusammen mit dem dazugehörigen Muskel (Musculus sub-scapularis) frei auf der darunterliegenden Thoraxwand.

646
647

Der Margo lateralis der Scapula ist kr äftig und dient als Muskelansatzstelle. Der Margo medialis und der Margo superior sind dünn und scharf.

Der Margo superior ist an seinem lateralen Ende gekennzeichnet durch:

- den **Processus coracoideus**, einen hakenförmigen Fortsatz (Rabenschnabelfortsatz), der sich anterolateralwärts projiziert und direkt unter dem lateralen Anteil der Clavicula liegt
- die kleine, aber deutliche **Incisura scapulae**, die direkt medial der Wurzel des Processus coracoideus liegt.

Spina scapulae und Acromion sind am Patienten genauso wie die Spitze des Processus coracoideus, der Angulus inferior und ein großer Teil des Margo medialis der Scapula leicht tastbar.

Proximaler Humerusanteil

Das proximale Ende des Humerus besteht aus dem Caput humeri, dem Collum anatomicum, den Tubercula majus und minus, dem Collum chirurgicum und der oberen Hälfte des Humerusschafts (Abb. 7.22).

Das **Caput humeri** ist halbkugelförmig und verläuft nach medial und leicht nach oben, um mit der deutlich kleineren Cavitas glenoidalis der Scapula zu artikulieren.

Das **Collum anatomicum** ist sehr kurz und wird von einer schmalen Einschnürung direkt unterhalb des Caput humeri gebildet. Es liegt zwischen dem Caput humeri und den Tubercula majus und minus an der lateralen Seite sowie zwischen dem Caput humeri und dem Humerusschaft an der medialen Seite.

Tuberculum majus und Tuberculum minus

Die **Tubercula majus** und **minus** sind Vorsprünge am proximalen Humerusende. Sie dienen als Ansatzstellen für die vier Muskeln der Rotatorenmanschette des Schultergelenks.

Das Tuberculum majus liegt lateral. Die Ober- und Rückseite sind durch drei große glatte Facetten für die Anheftung der Muskulatur gekennzeichnet:

- Die obere Facette dient dem Musculus supraspinatus als Ansatzstelle.
- Die mittlere Facette dient der Anheftung des Musculus infraspinatus.
- Die untere Facette dient der Anheftung des M. teres minor.

Das Tuberculum minus liegt ventral am Humeruskopf. Seine Oberfläche ist durch eine große glatte Impression gekennzeichnet, an der der Musculus subscapularis ansetzt.

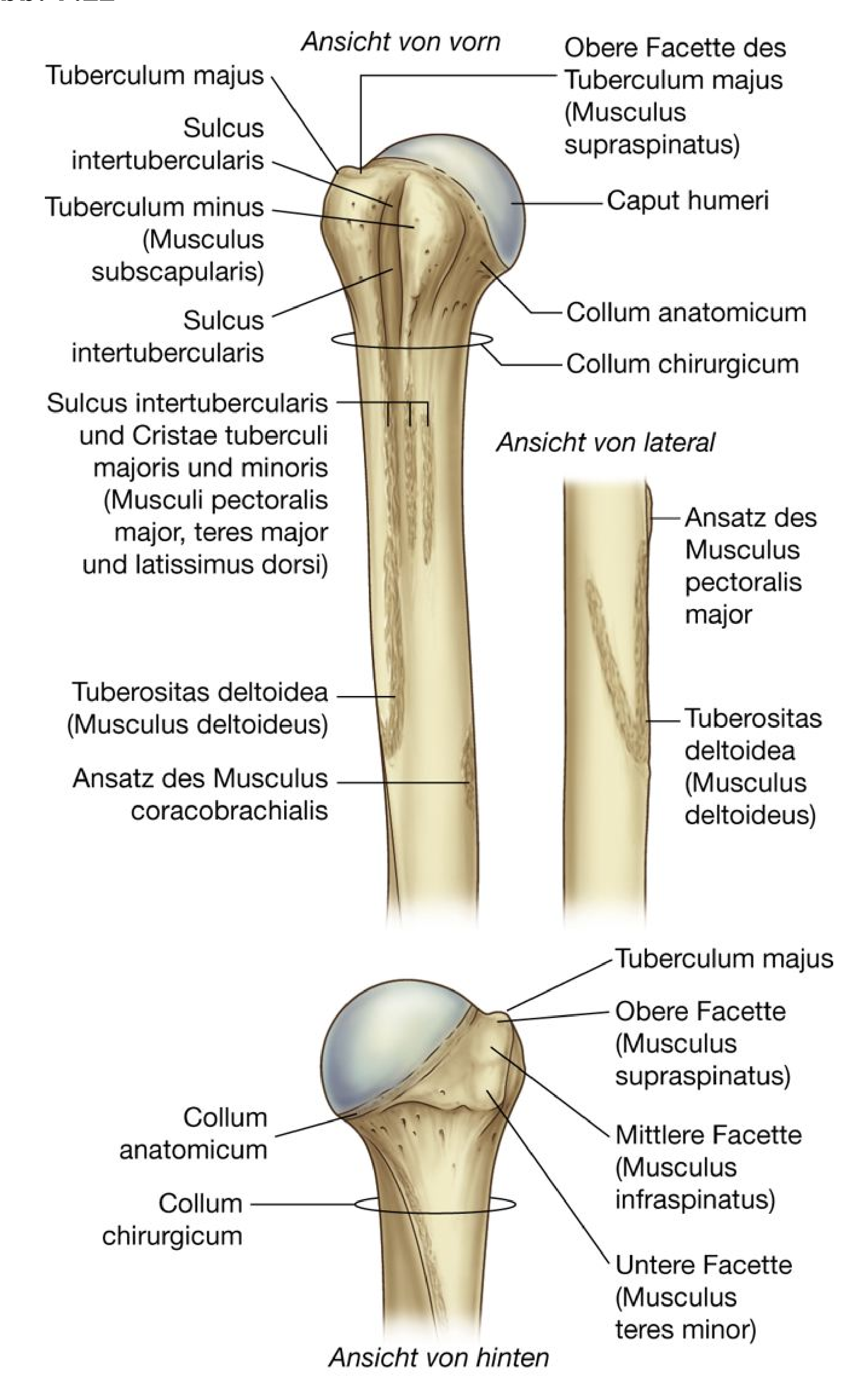
Ein tiefer **Sulcus intertubercularis (Bizepsrinne**) trennt das Tuberculum majus vom Tuberculum minus und setzt sich auf den proximalen Humerusschaft fort (Abb. 7.22). Die Sehne des langen Bizepskopfs verläuft durch den Sulcus.

Aufrauungen am Boden des Sulcus intertubercularis sowie an seinen Rändern (Crista tuberculi majoris und Crista tuberculi minoris) markieren die Ansatzpunkte der Musculi pectoralis major, teres major und latissimus dorsi.

Die Crista tuberculi majoris geht distal in eine große V-förmige **Tuberositas deltoidea** an der lateralen Oberfläche des Humerusschafts über (Abb. 7.22). Hier inseriert der Musculus deltoideus am Humerus.

Ungefähr auf gleicher Höhe, aber an der medialen Oberfläche des Humerus liegt eine dünne vertikale Aufrauung, die dem Musculus coracobrachialis als Anheftungsstelle dient.

Abb. 7.22



Proximales Ende des rechten Humerus.

Collum chirurgicum

Eines der wichtigsten Merkmale am proximalen Ende des Humerus ist das **Collum chirurgicum** (Abb. 7.22). Diese Region liegt in der Horizontalebene zwischen proximalem Humerusende (Caput, Collum anatomicum sowie Tubercula majus und minus) und dem schmalen Humerusschaft. Der Nervus axillaris und die Arteria circumflexa humeri posterior, die durch die Axilla in die Region des Musculus deltoideus treten, verlaufen direkt hinter dem Collum chirurgicum. *Da das Collum chirurgicum deutlich schwächer ist als die weiter proximal liegenden Humerusabschnitte, befindet sich hier eine bevorzugte Frakturstelle. Bei diesen Frakturen können der Nervus axillaris und die Arteria circumflexa humeri posterior verletzt werden.*

Klinik

Frakturen des proximalen Humerus

Frakturen des Collum anatomicum sind extrem selten, da die Frakturlinie durch die kräftigste Region des Knochens verlaufen muss. Typischerweise betreffen Frakturen des Humerus das Collum chirurgicum. Obwohl der Nervus axillaris und die Arteria circumflexa humeri posterior bei diesen Frakturen theoretisch geschädigt werden können, passiert dies relativ selten. Vor einer Reposition der Frakturenden muss der Nervus axillaris getestet werden, um sicher zu sein, dass die Verletzung den Nerv nicht geschädigt hat und die Behandlung kein neurologisches Defizit verursacht.

Gelenke

Die beiden Knochen des Schultergürtels (Clavicula und Scapula) sind in eine Kette von fünf Gelenken eingeschaltet, drei echte Gelenke und zwei Gleitlager.

Die drei echten Gelenke der Schulter sind das Sternoklavikulargelenk (Articulatio sternoclavicularis), das Akromioklavikulargelenk (Articulatio acromioclavicularis) und das Schultergelenk (Articulatio humeroglenoidalis; Glenohumeralgelenk). Die beiden Gleitlager sind das subakromiale Nebengelenk und das Schulterblatt-Thorax-Gelenk.

Das Sternoklavikular- und das Akromioklavikulargelenk verbinden die beiden Knochen des Schultergürtels miteinander. Gemeinsam mit dem Schulterblatt-Thorax-Gelenk (Gleitlager) stellen sie die Verbindung zum Rumpf her. Die kombinierten Bewegungen der drei Gelenke ermöglichen der Scapula ein großes Bewegungsausmaß auf dem Rumpf und vergrößern so die Reichweite der oberen Extremität.

Das Glenohumeralgelenk (Schultergelenk) verbindet den Arm am Humerus mit der Scapula.

Durch das Zusammenwirken der fünf Gelenke entsteht eine funktionelle Einheit, die das große Bewegungsausmaß der oberen Extremität ermöglicht.

Articulatio sternoclavicularis

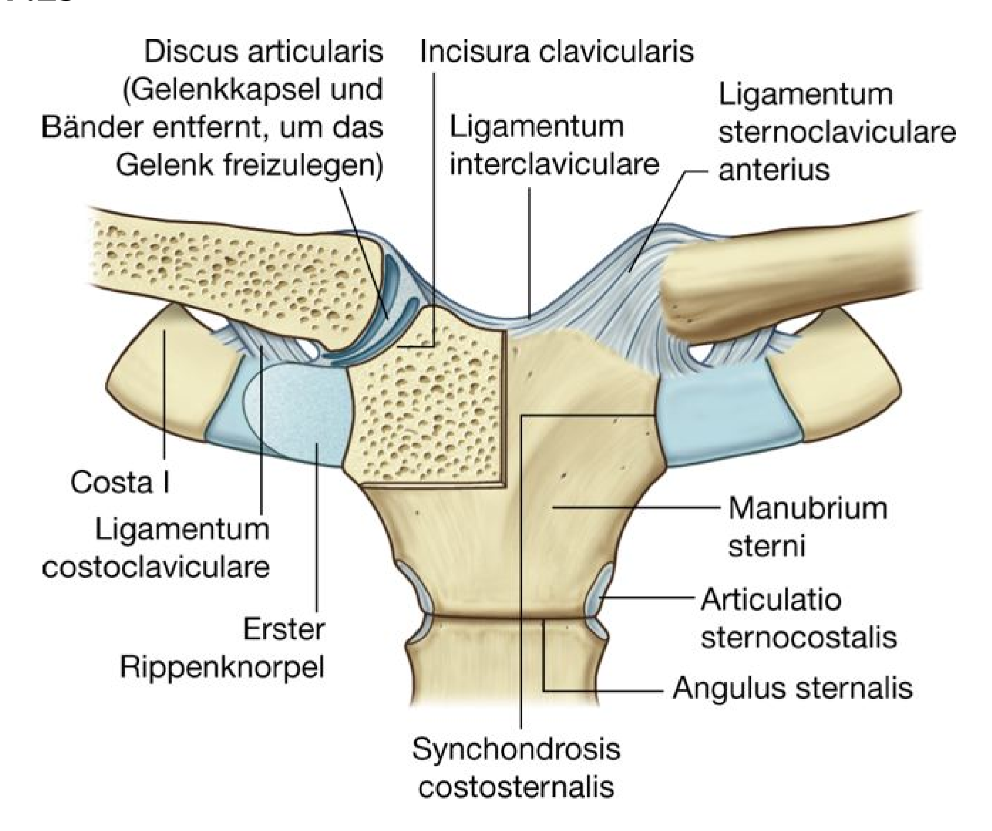
Das **Sternoklavikulargelenk (Articulatio sternoclavicularis)** ist eine Diarthrose und liegt zwischen dem proximalen Ende der Clavicula und der **Incisura clavicularis** des **Manubrium sterni** zusammen mit einem kleinen Anteil des ersten Rippenknorpels (Abb. 7.23). Es ist sattelförmig. Die Gelenkfläche wird durch einen Discus articularis in zwei Kammern geteilt (dithalamisches Gelenk). Das Sternoklavikulargelenk ermöglicht Bewegungen der Clavicula vor allem in der Horizontal- und Frontalebene. Daneben ist aber auch eine geringgradige Rotation um die Längsachse möglich.

Die Articulatio sternoclavicularis ist von einer Gelenkkapsel umgeben und wird von vier Bändern verstärkt:

- Die **Ligamenta sternoclavicularia anterius und posterius** liegen vor bzw. hinter dem Gelenk.
- Das **Ligamentum interclaviculare** verbindet die Enden der beiden Claviculae miteinander und mit dem Oberrand des Manubrium sterni.
- Das **Ligamentum costoclaviculare** liegt lateral vom Gelenk und verbindet das proximale Ende der Clavicula mit der 1. Rippe und dem dazugehörigen Rippenknorpel.

Articulatio acromioclavicularis

Abb. 7.23



Sternoklavikulargelenk.

Das **Akromioklavikulargelenk (Articulatio acromioclavicularis)** ist ein schmales Synovialgelenk (Diarthrose) zwischen einer kleinen ovalen Gelenkfacette (Facies articularis 648 649 acromialis) an der medialen Oberfläche des Acromions und einer ähnlichen Gelenkfläche an der Extremitas acromialis der Clavicula (Facies articularis acromialis claviculae; Abb. 7.24). Es ermöglicht Bewegungen in der Frontal- und Horizontalebene sowie eine geringgradige axiale Rotation.

Das Akromioklavikulargelenk ist von einer Gelenkkapsel umgeben und wird verstärkt durch:

- das kleine **Ligamentum acromioclaviculare** oberhalb des Gelenks und zwischen den benachbarten Regionen von Acromion und Clavicula
- das deutlich kräftigere **Ligamentum coracoclaviculare**, das zwar nicht direkt am Gelenk ansetzt, aber eine wichtige und starke Bandverbindung darstellt, die einen Großteil des Gewichts hält, das die obere Extremität auf die Clavicula überträgt. Außerdem hält das Band die Position der Clavicula auf dem Acromion. (Es überspannt die Distanz zwischen Processus coracoideus der Scapula und der Unterfläche des akromialen Endes der Clavicula.) Das Band besteht aus einem vorderen Anteil, dem Ligamentum trapezoideum (das an der Linea trapezoidea der Clavicula ansetzt), und einem hinteren Anteil, dem Ligamentum conoideum (das am Tuberculum conoideum ansetzt).

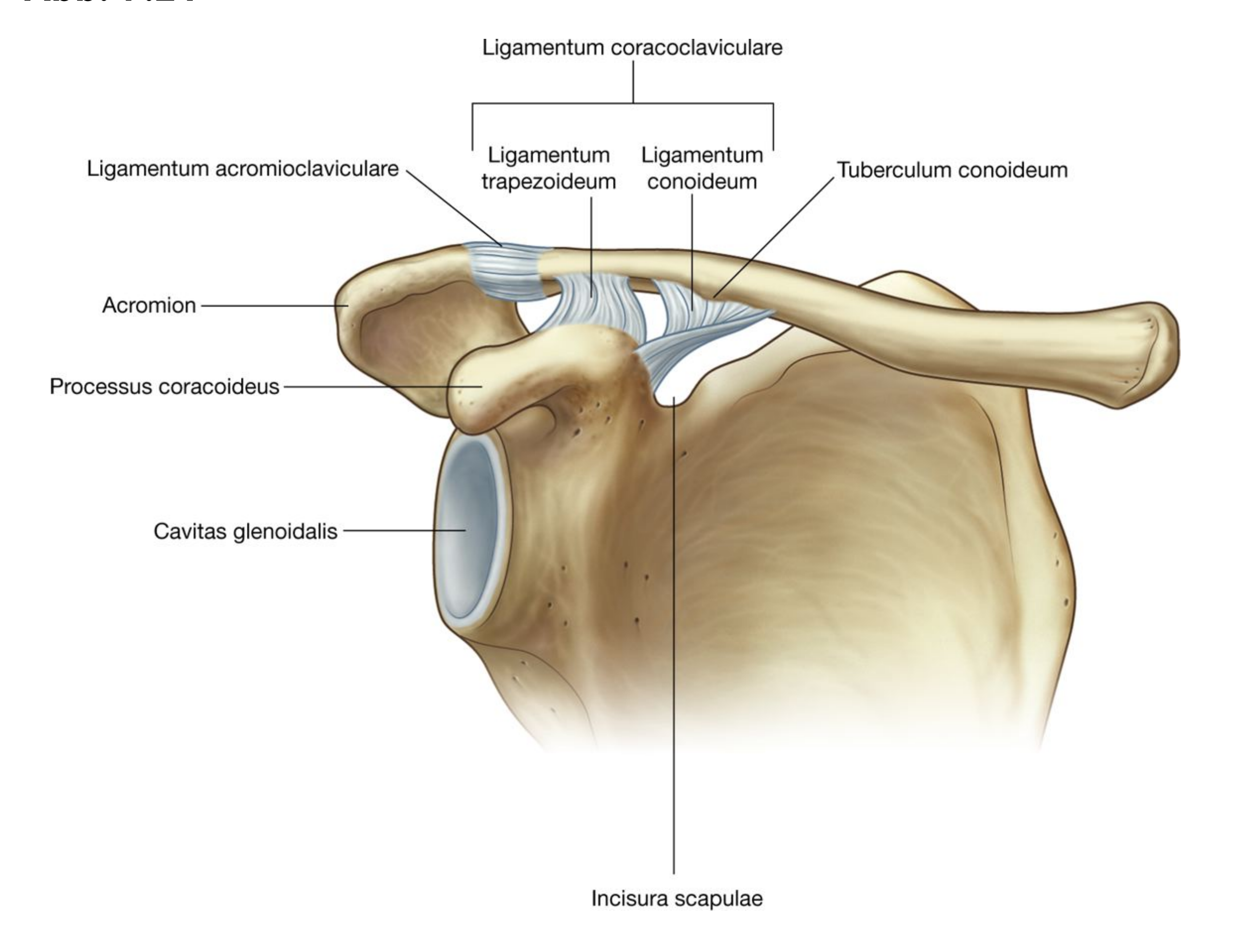
Schulterblatt-Thorax-Gelenk

Das **„Schulterblatt-Thorax-Gelenk“** zwischen Musculus serratus anterior und Musculus subscapularis ist kein echtes Gelenk. Es handelt sich dabei um ein Gleitlager durch lockeres Bindegewebe zwischen den beiden Muskeln. Hierbei sind translatorische Bewegungen der Scapula parallel zur Wirbelsäule (Heben und Senken der Schulter), Verschiebungen der Scapula von vorn lateral nach hinten medial (Vor- und Zurücknehmen der Schulter) sowie Drehbewegungen des Schulterblatts um eine sagittale Achse (Elevation des Arms über 90°) möglich.

Eine Drehung der Scapula im Schulterblatt-Thorax-Gelenk (sowie in den Schultergürtelgelenken) nach ventrolateral führt zur Elevation des Arms über die Horizontale (dabei wirken die Pars inferior des Musculus serratus anterior, die Pars descendens des Musculus trapezius und die Pars ascendens des Musculus trapezius mit).

Eine Drehung der Scapula nach dorsokaudal im Schulterblatt-Thorax-Gelenk (sowie in den Schultergürtelgelenken) führt den elevierten Arm zurück (Depression; dabei wirken die Musculi rhomboidei major und minor, die Pars superior des Musculus serratus anterior, die Musculi levator scapulae, pectoralis minor, latissimus dorsi, pectoralis major sowie die Schwerkraft) mit.

Abb. 7.24



Rechtes Akromioklavikulargelenk.

649
650

Articulatio glenohumeralis

Am **Schultergelenk (Articulatio glenohumeralis)** artikuliert der Gelenkkopf des proximalen Humerus mit der Gelenkpfanne der Cavitas glenoidalis der Scapula (Abb. 7.25). Durch die fehlende knöcherne Führung aufgrund der Größendiskrepanz zwischen Kopf und Pfanne besitzt das Gelenk große Bewegungsfreiheit. Die Gelenkstabilität wird durch die Muskulatur der Rotatorenmanschette, den langen Kopf des Musculus biceps brachii, die angrenzenden knöchernen Vorsprünge und die extrakapsulären Bänder gewährleistet. Das Bewegungsausmaß des Schultergelenks umfasst Anteversion (Beugung), Retroversion (Streckung), Abduktion, Elevation, Adduktion, Innenrotation, Außenrotation und Zirkumduktion.

Die Gelenkflächen des Schultergelenks bestehen aus dem großen, kugelförmigen Kopf des Humerus und der schmalen Cavitas glenoidalis der Scapula (Abb. 7.25). Die Gelenkflächen sind mit hyalinem Gelenkknorpel bedeckt.

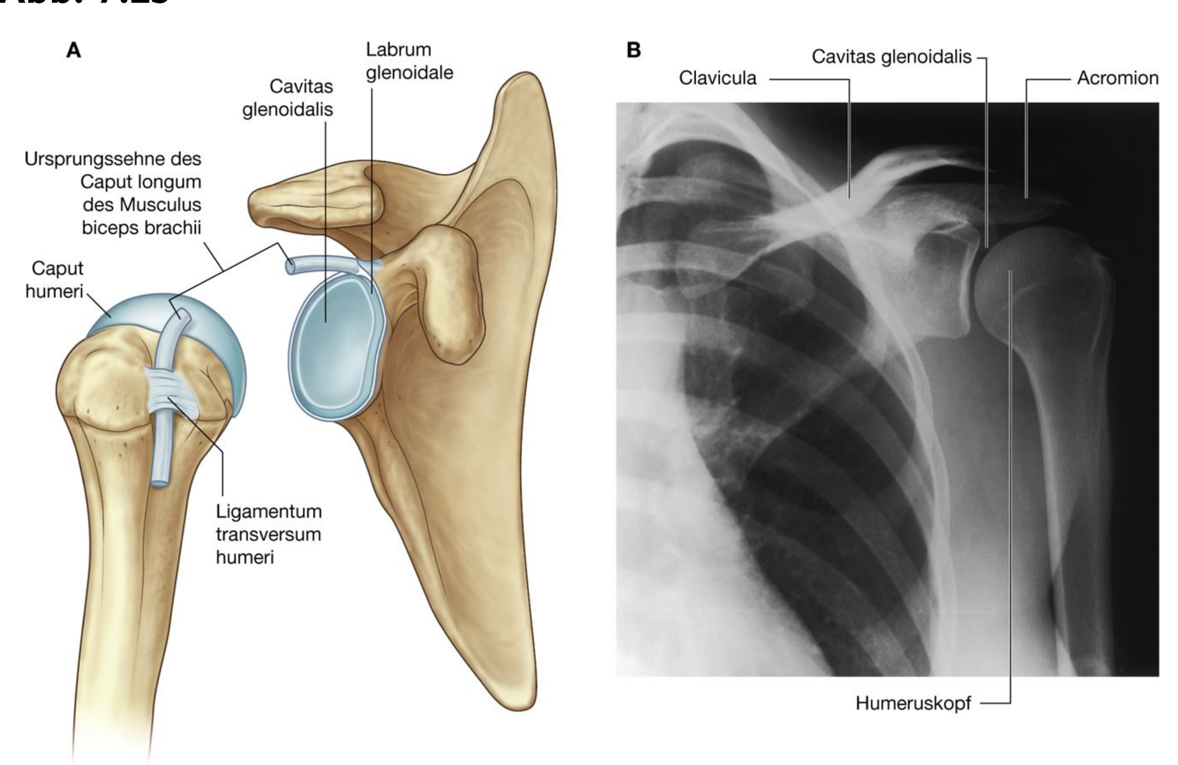
Die Cavitas glenoidalis wird durch eine Gelenklippe aus Faserknorpel **(Labrum glenoidale)** vertieft und etwas verbreitert. Das Labrum setzt an den Rändern der Fossa glenoidalis an. Am Oberrand ist das Labrum mit der Ursprungssehne des Caput longum des Musculus biceps

brachii (lange Bizepssehne) verbunden, die am Tuberculum supraglenoidale ansetzt und oberhalb des Humeruskopfes frei durch die Gelenkhöhle läuft.

Die Membrana synovialis der Gelenkkapsel setzt an den Rändern der Gelenkflächen an und ist von der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel umgeben (Abb. 7.26). Die Gelenkkapsel ist am Unterrand erweitert (Recessus axillaris), damit der Arm über den Kopf eleviert werden kann.

Die Synovialmembran kann sich durch Öffnungen der Gelenkkapsel ausstülpen und bildet Bursae (Schleimbeutel), die zwischen den Sehnen der umgebenden Muskeln und der Gelenkkapsel liegen. Am regelmäßigsten kommt die **Bursa subtendinea musculi subscapularis** vor, die zwischen dem Musculus subscapularis und der Gelenkkapsel liegt. Der Eingang in diese Bursa (Öffnung, die von der Gelenkhöhle aus sichtbar ist) wird als Foramen Weitbrecht bezeichnet. *Das Foramen Weitbrecht wird bei der Schulterarthroskopie genutzt, um die Bursa subtendinea musculi subscapularis mit dem Arthroskop zu inspizieren*. Die Membrana synovialis legt sich auch um die Sehne des Caput longum des Musculus biceps brachii im Gelenk (bildet eine Sehnenscheide) und läuft mit der Sehne durch den Sulcus intertubercularis. Sehnenscheiden sind synoviale Strukturen und reduzieren die Reibung zwischen Sehne, angrenzenden Gelenkkapseln und Knochen oder Knorpel.

Abb. 7.25



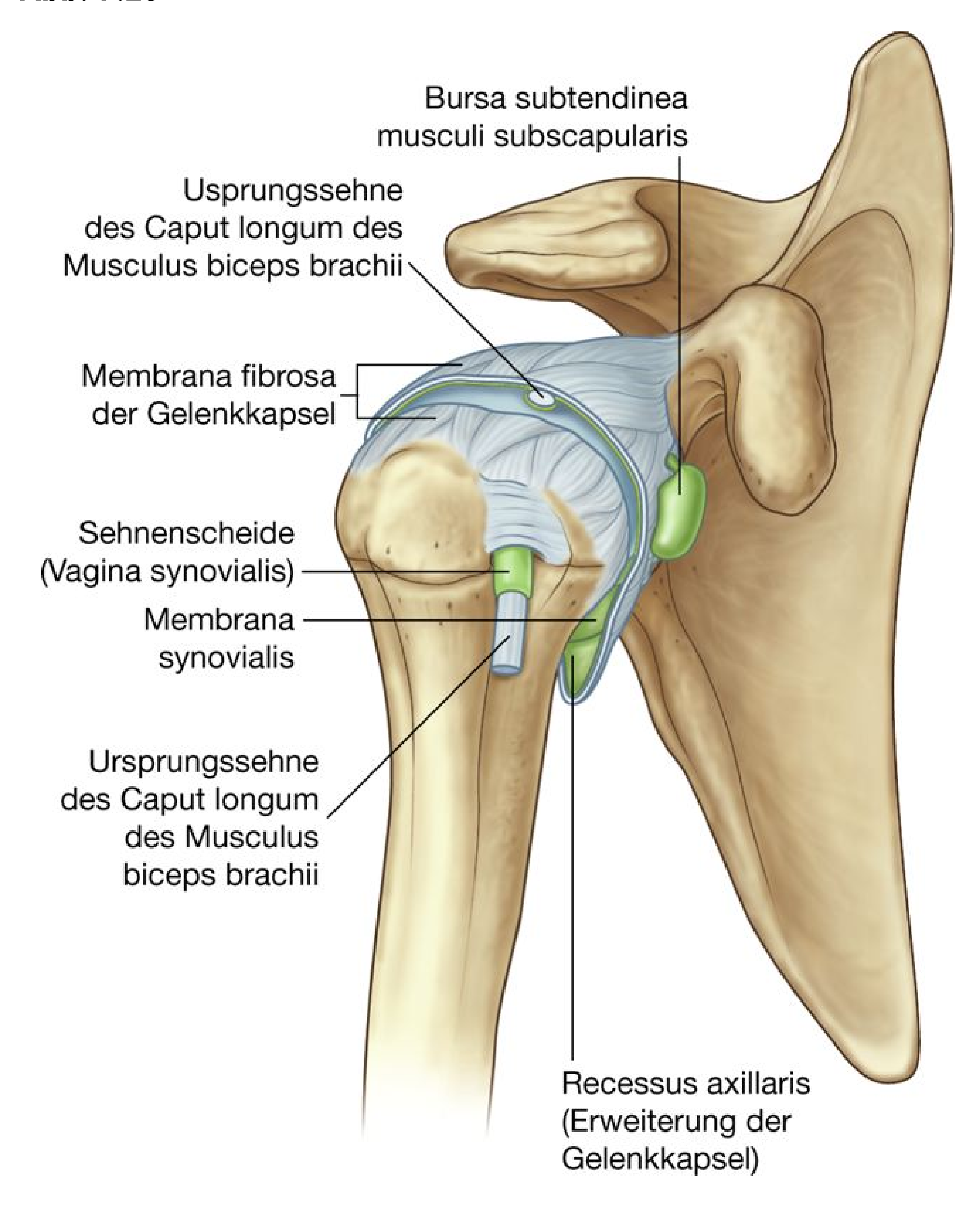
Schultergelenk. **A**. Gelenkflächen des rechten Schultergelenks. **B**. Röntgenbild eines normalen Schultergelenks.

650

651

Außer den Bursae, die mit der Gelenkhöhle kommunizieren, gibt es mit dem Schultergelenk assoziierte Bursae, die jedoch nicht mit ihm kommunizieren. Sie liegen

Abb. 7.26



Synovialmembran und Gelenkkapsel des rechten Schultergelenks.

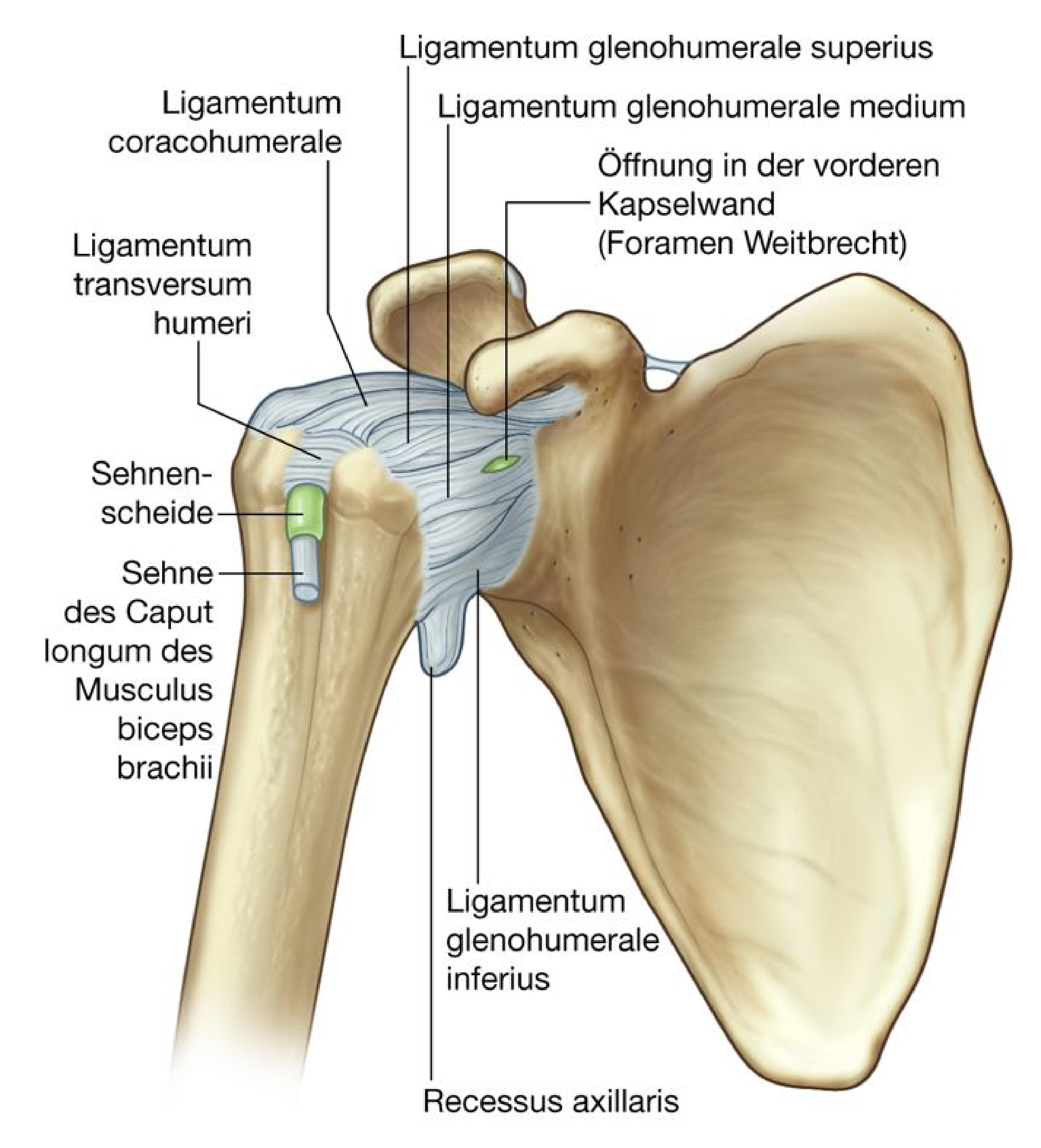
- zwischen dem Musculus deltoideus, dem Musculus supraspinatus und der Gelenkkapsel als **Bursa subacromialis**, die mit der unter dem Musculus deltoideus liegenden **Bursa subdeltoidea** kommuniziert
- zwischen Acromion und Haut
- zwischen Processus coracoideus und Gelenkkapsel

- in Beziehung zu den Sehnen der mit dem Gelenk assoziierten Muskeln (Musculus coracobrachialis, Musculus teres major, Caput longum des Musculus triceps brachii und Musculus latissiumus dorsi).

Die Gelenkkapsel setzt an den Rändern der Cavitas glenoidalis an, außerhalb des Labrum glenoidale, sowie am Caput longum des Musculus biceps brachii und Collum anatomicum humeri (Abb. 7.27).

Der mediale Ansatz der Gelenkkapsel befindet sich am Humerus weiter kaudal als der laterale und setzt sich bis auf den Knochenschaft fort. In anatomischer Position ist die Gelenkkapsel in diesem Bereich schlaff und bildet den Recessus axillaris. Der Recessus axillaris ermöglich die Elevation des Arms bis über den Kopf.

Abb. 7.27



Gelenkkapsel des rechten Schultergelenks.

Durch Öffnungen in der Gelenkkapsel ist die Gelenkhöhle mit einigen Bursae und den umliegenden Muskeln sowie der Sehne des Caput longum des Musculus biceps brachii im Sulcus intertubercularis verbunden.

Die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel wird verstärkt:

- ventrokranial in drei Bereichen durch die **Ligamenta glenohumeralia superius, medius** und **inferius**, die zwischen dem Oberrand der Cavitas glenoidalis, dem Tuberculum minus und dem Collum anatomicum des Humerus verlaufen (Abb. 7.27)
- kranial zwischen der Basis des Processus coracoideus und dem Tuberculum majus des Humerus **(Ligamentum coracohumerale)**
- Zwischen dem Tuberculum majus und minus des Humerus verläuft das **Ligamentum transversum humeri**. Es sorgt dafür, dass die Sehne des Caput longum des Musculus biceps brachii nicht aus dem Sulcus intertubercularis gleiten kann (Abb. 7.27).

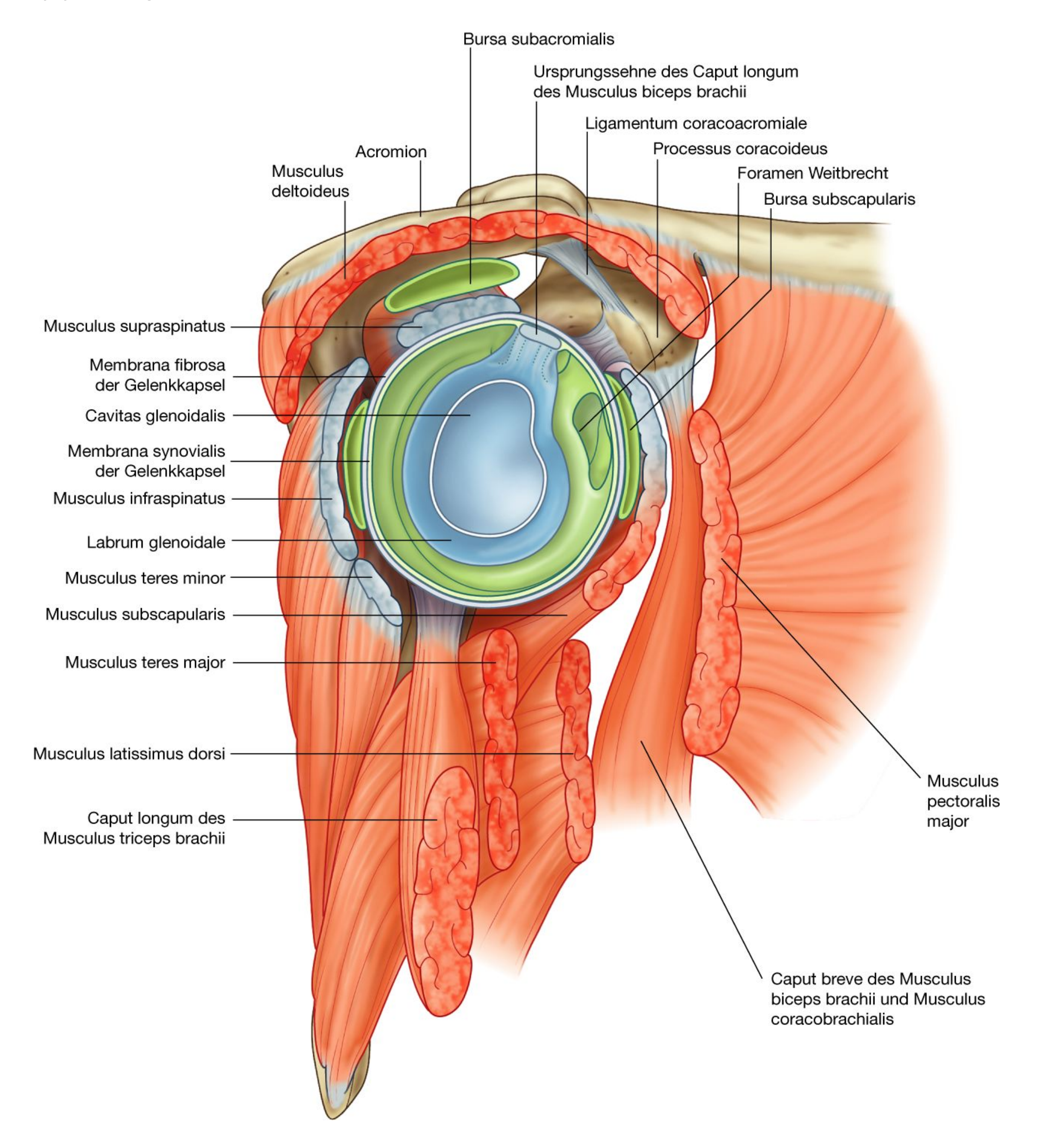
Außerdem wird das Gelenk durch die umgebenden Sehnen und das Schulterdach (Fornix humeri) stabilisiert, das aus dem Processus coracoideus, dem Acromion und dem Ligamentum coracoacromiale besteht (Abb. 7.28).

Die Sehnen der Muskeln der Rotatorenmanschette (Musculi supraspinatus, infraspinatus, teres minor, subscapularis) verschmelzen mit der Gelenkkapsel und bilden einen fibromuskulären „Kragen“, der das gesamte Schultergelenk umgibt (Abb. 7.28 und 7.29). Diese Muskelmanschette stabilisiert das Gelenk und hält den Humeruskopf in der Cavitas glenoidalis der Scapula, ohne dabei das Bewegungsausmaß des Arms einzuschränken. Die Sehne des langen Bizepskopfes verläuft im kranialen Bereich des Gelenks frei durch die Gelenkhöhle zum Tuberculum superius der Cavitas glenoidalis und verhindert so eine Aufwärtsbewegung des Humeruskopfes auf der Gelenkpfanne.

651

652

Abb. 7.28



Ansicht von lateral auf das rechte Schultergelenk und die umgebenden Muskeln, nach Entfernung des proximalen Humerus.

652
653

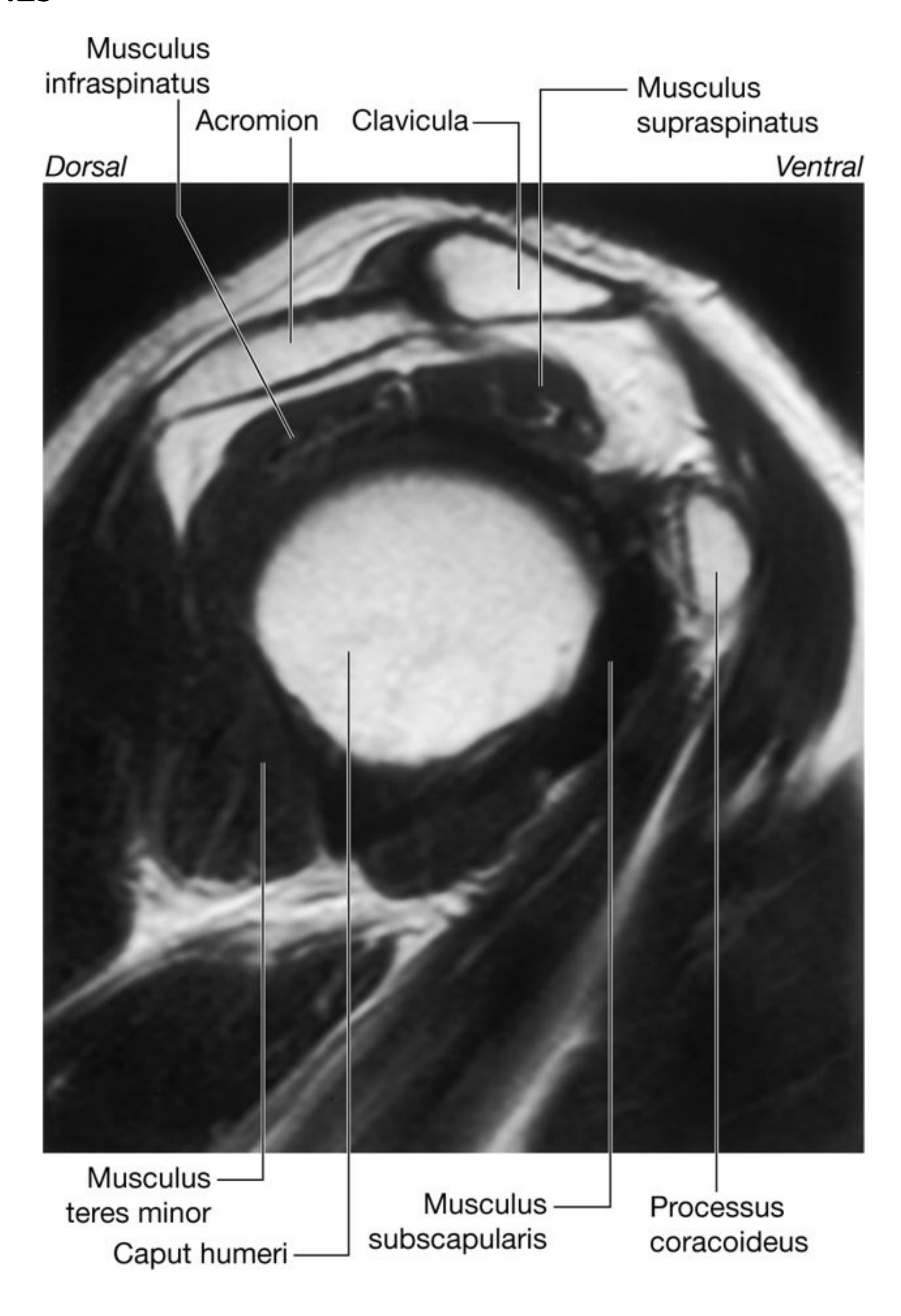
Die Gefäßversorgung des Schultergelenks erfolgt überwiegend durch Äste der Arteria circumflexa humeri anterior, der Arteria circumflexa humeri posterior und der Arteria suprascapularis.

Die Innervation des Schultergelenks erfolgt über dorsale Äste des Plexus brachialis und die Nervi suprascapularis, axillaris und pectoralis lateralis.

Subakromiales Nebengelenk

Bursa subacromialis und Bursa subdeltoidea bilden gemeinsam das **„subakromiale Nebengelenk“**, ein Gleitlager zwischen Schulterdach und Rotatorenmanschette (Abb. 7.28 und 7.29). Bei der Elevation des Arms (Heben über die Horizontale) gleiten der von der Supraspinatussehne bedeckte Humeruskopf sowie das Tuberculum majus im subakromialen Nebengelenk unter das Schulterdach (siehe unten). Auf diese Weise verhindern die das subakromiale Nebengelenk bildenden Schleimbeutel eine zu starke Reibung der Supraspinatussehne sowie des Humeruskopfes am Schulterdach.

Abb. 7.29



MRT (T1-gewichtet) eines normalen Schultergelenks in der Sagittalebene.

Klinik

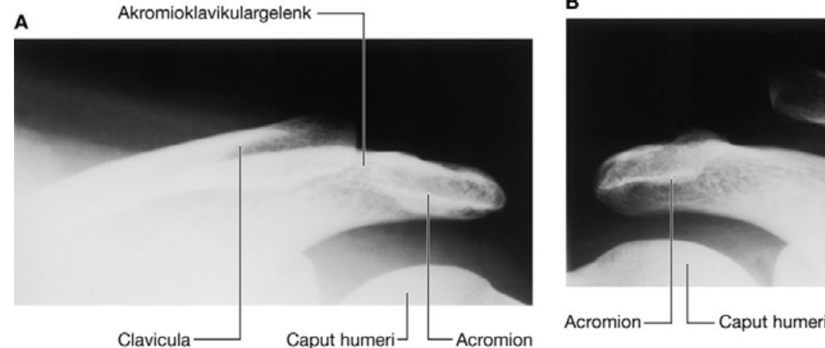
Frakturen der Clavicula und Luxationen des Akromioklavikular- und des Sternoklavikulargelenks

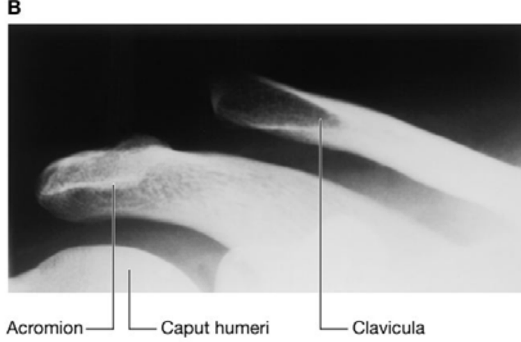
Die Clavicula dient als knöcherne Verbindung der oberen Extremität mit dem Rumpf. Wenn man die Größe des Knochens mit den möglichen Kräften vergleicht, die von der oberen Extremität auf den Rumpf wirken können, überrascht es nicht, dass die Clavicula häufig frakturiert.

Bei einem Trauma neigt das akromiale Ende der Clavicula zur Luxation im Akromioklavikulargelenk (Abb. 7.30). Das äußere Drittel der Clavicula ist mit der Scapula durch die Ligamenta conoideum und trapezoideum verbunden.

Eine kleinere Verletzung ohne Ruptur der Bänder entspricht einer Distorsion (Verdrehung; eingeteilt nach Tossy ist dies Tossy 1). Eine Ruptur der akromioklavikularen Bänder und der fibrösen Gelenkkapsel resultiert in einer Subluxation des Akromioklavikulargelenks (Tossy 2) im Röntgenbild. Schwerere Verletzungen zerstören zusätzlich die korakoklavikularen Bänder (Ligamenta conoideum und trapezoideum). Dies führt zur kompletten Luxation des Akromioklavikulargelenks (Tossy 3, Abb. 7.30B) mit einem sog. Klaviertastenphänomen – die Clavicula ist nur noch im Bereich des Sternoklavikulargelenks fixiert und wird durch die ansetzende Muskulatur im lateralen Bereich nach kranial gezogen. Man kann sie im Bereich der Extremitas acromialis wie eine Klaviertaste nach unten drücken. Eine typische Verletzung am medialen Ende der Clavicula ist die anteriore oder posteriore Luxation des Sternoklavikulargelenks. Bei 653 654 posteriorer Luxation der Clavicula können die großen Gefäße im oberen Mediastinum eingeengt werden, eventuell einklemmen oder zerreißen.

Abb. 7.30





Röntgenbilder von zwei Akromioklavikulargelenken. **A**. Normales linkes Akromioklavikulargelenk. **B**. Luxiertes rechtes Akromioklavikulargelenk (Tossy 3).

Klinik

Luxationen des Schultergelenks

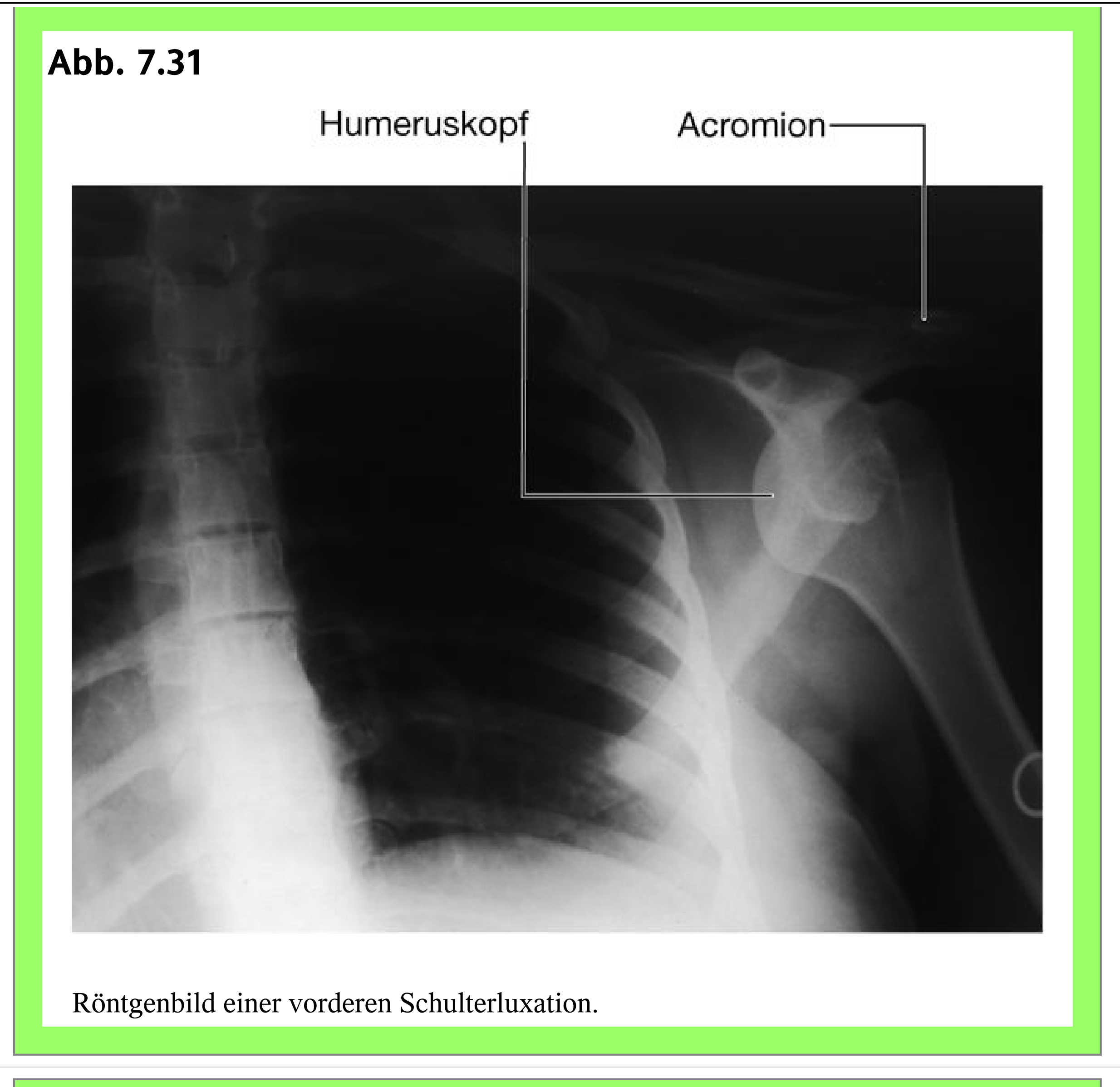
Das Glenohumeralgelenk ist äußerst mobil und ermöglicht so ein großes Bewegungsausmaß, allerdings auf Kosten der Stabilität. Die relativ kleine knöcherne Cavitas glenoidalis, die durch das weniger robuste faserknorpelige Labrum glenoidale etwas vergrößert und durch die umliegenden Bänder verstärkt wird, macht das Gelenk empfänglich für Luxationen.

Am häufigsten ist eine vordere Luxation (Abb. 7.31), die meist durch ein Trauma verursacht wird (klinisch erfolgen alle vorderen Luxationen nach vorn und unten). Gelegentlich reißt das Labrum glenoidale im vorderen Bereich ein, entweder ohne oder mit knöchernem Fragment (Bankart-Läsion). Sind die Gelenkkapsel und der Knorpel einmal zerstört, neigt das Gelenk zu erneuter (rezidivierender) Luxation. Bei der vorderen Luxation kann der Nervus axillaris bei direkter Kompression durch den Humeruskopf verletzt werden. Ferner kann der Nervus radialis durch die „Verlängerung" des Oberarms im Rahmen einer Luxation überdehnt werden. Der Nervus radialis liegt dem Sulcus nervi radialis des Humerus eng an. Eine Überdehnung kann zur Lähmung des Nervus radialis mit Ausfall sämtlicher von ihm innervierten Extensoren führen (Fallhand).

Gelegentlich ist die vordere Luxation mit einer Fraktur des Humerus verbunden (Luxationsfraktur), die operativ versorgt werden muss.

Die Luxation nach hinten ist sehr selten. Wenn sie auftritt, sollte nach dem Unfallmechanismus geforscht werden. Am häufigsten ist die Ursache eine außergewöhnlich kräftige Muskelkontraktion, beispielsweise durch einen epileptischen Anfall oder einen starken Stromschlag.

Abb. 7.31



Röntgenbild einer vorderen Schulterluxation.

654
655

Klinik

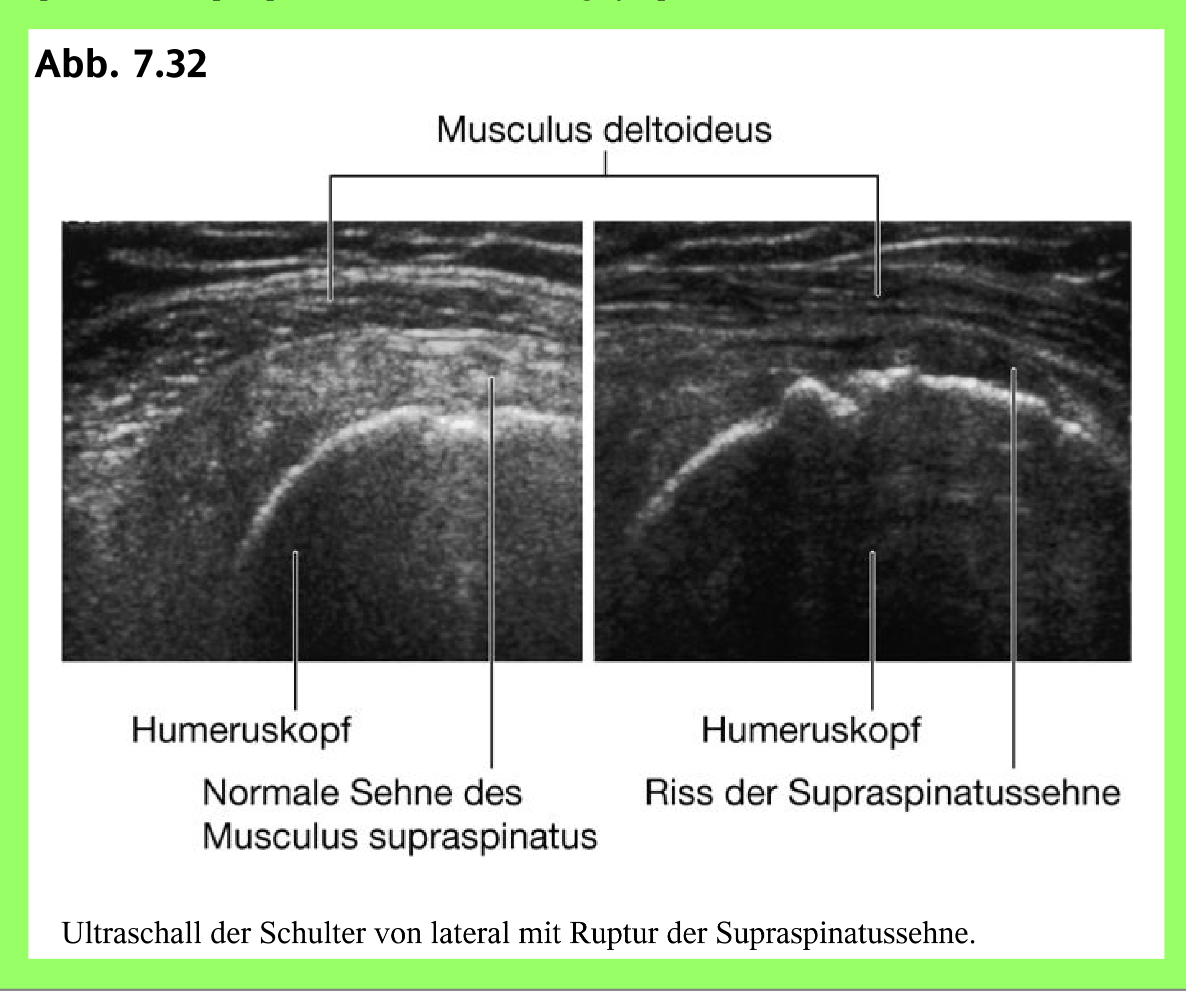
Erkrankungen der Rotatorenmanschette

Die beiden wichtigsten Erkrankungen der Rotatorenmanschette sind das Impingementsyndrom und die Tendopathie. Der am häufigsten betroffenen Muskel ist der Musculus supraspinatus, der unter dem Schulterdach (Fornix humeri – bestehend aus Acromion, Processus coracoideus und Ligamentum acromioclaviculare) verläuft. Dieser Raum ist relativ eng. Eine Schwellung des Musculus supraspinatus, eine Ergussbildung der Bursa subacromialis oder subakromiale Knochensporne können bei Abduktion und Elevation des Arms ein signifikantes Impingement verursachen.

Die Blutversorgung der Supraspinatussehne ist relativ schlecht. Wiederholte Traumen können unter gewissen Umständen zu degenerativen Veränderungen in der Sehne führen. Durch die dadurch verursachte Kalkeinlagerung in der Sehne (Tendinosis calcarea) können Bewegungen extrem schmerzhaft sein. Da die Sehne bei der Elevation des Arms zwischen 60° und 120° direkt unter dem Fornix humeri hindurchgleitet, treten hier die stärksten Beschwerden auf. Diese Schmerzsymptomatik wird als Painful Arc bezeichnet.

Bei degenerativen Veränderungen der Supraspinatussehne besteht bei Traumata ein erhöhtes Risiko für eine partielle oder totale Sehnenruptur (Abb. 7.32). Derartige Rupturen sind vor allem bei älteren Menschen häufig und schränken die Aktivitäten des täglichen Lebens stark ein, wie beispielsweise das Kämmen der Haare. Allerdings können komplette Rupturen der Supraspinatusssehne auch völlig symptomlos sein.

Abb. 7.32

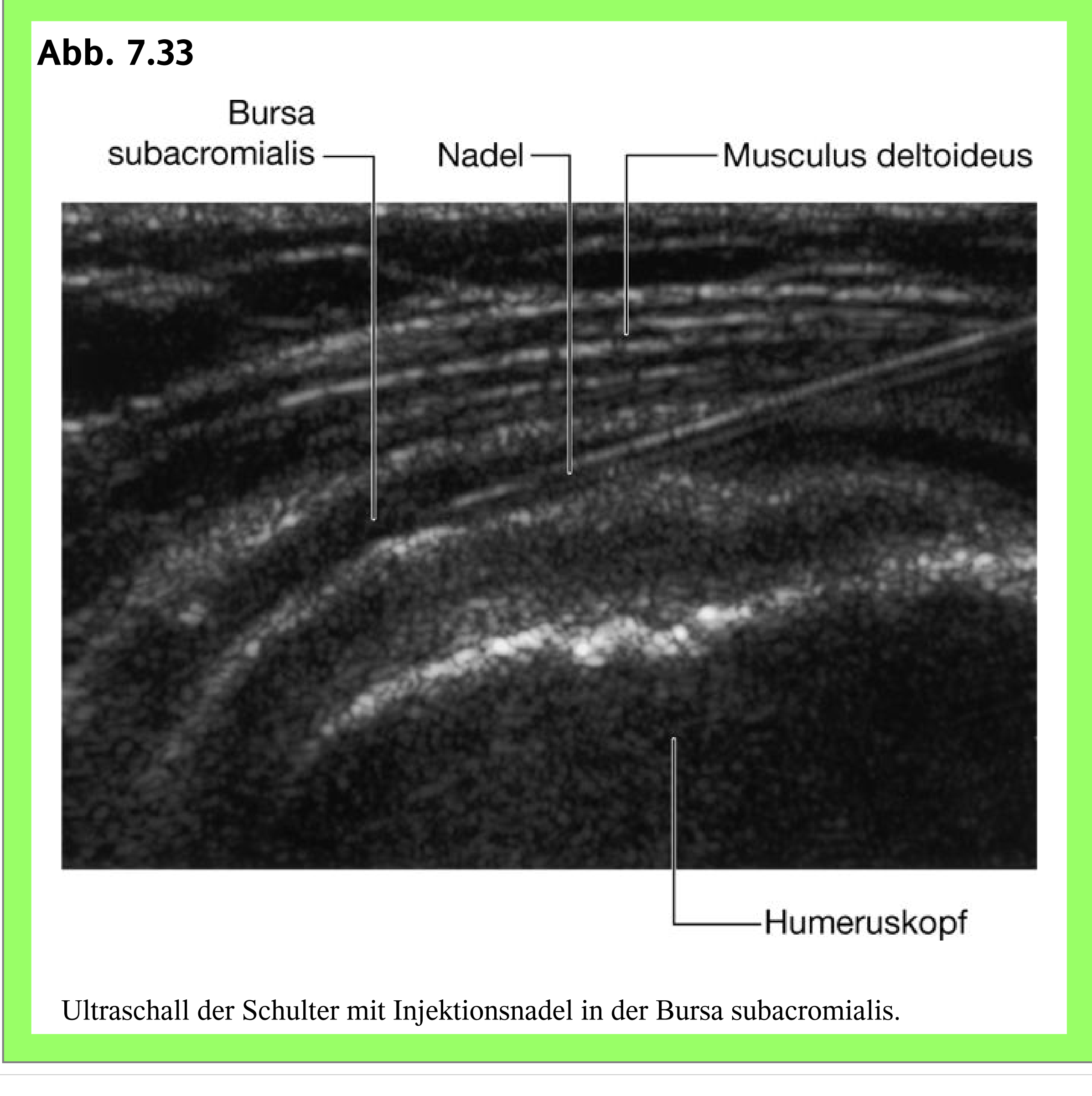


Ultraschall der Schulter von lateral mit Ruptur der Supraspinatussehne.

Klinik

Die Bursa subacromialis liegt zwischen dem Musculus supraspinatus und dem Musculus deltoideus auf der lateralen Seite und dem Acromion auf der medialen Seite. Bei Patienten mit Verletzungen der Schulter oder Tendopathie der Supraspinatussehne kann die Bursa entzündet sein, sodass Schulterbewegungen sehr schmerzhaft sind. Die entzündlichen Veränderungen können durch Injektionen von Kortison und einem Lokalanästhetikum behandelt werden (Abb. 7.33).

Abb. 7.33



Ultraschall der Schulter mit Injektionsnadel in der Bursa subacromialis.

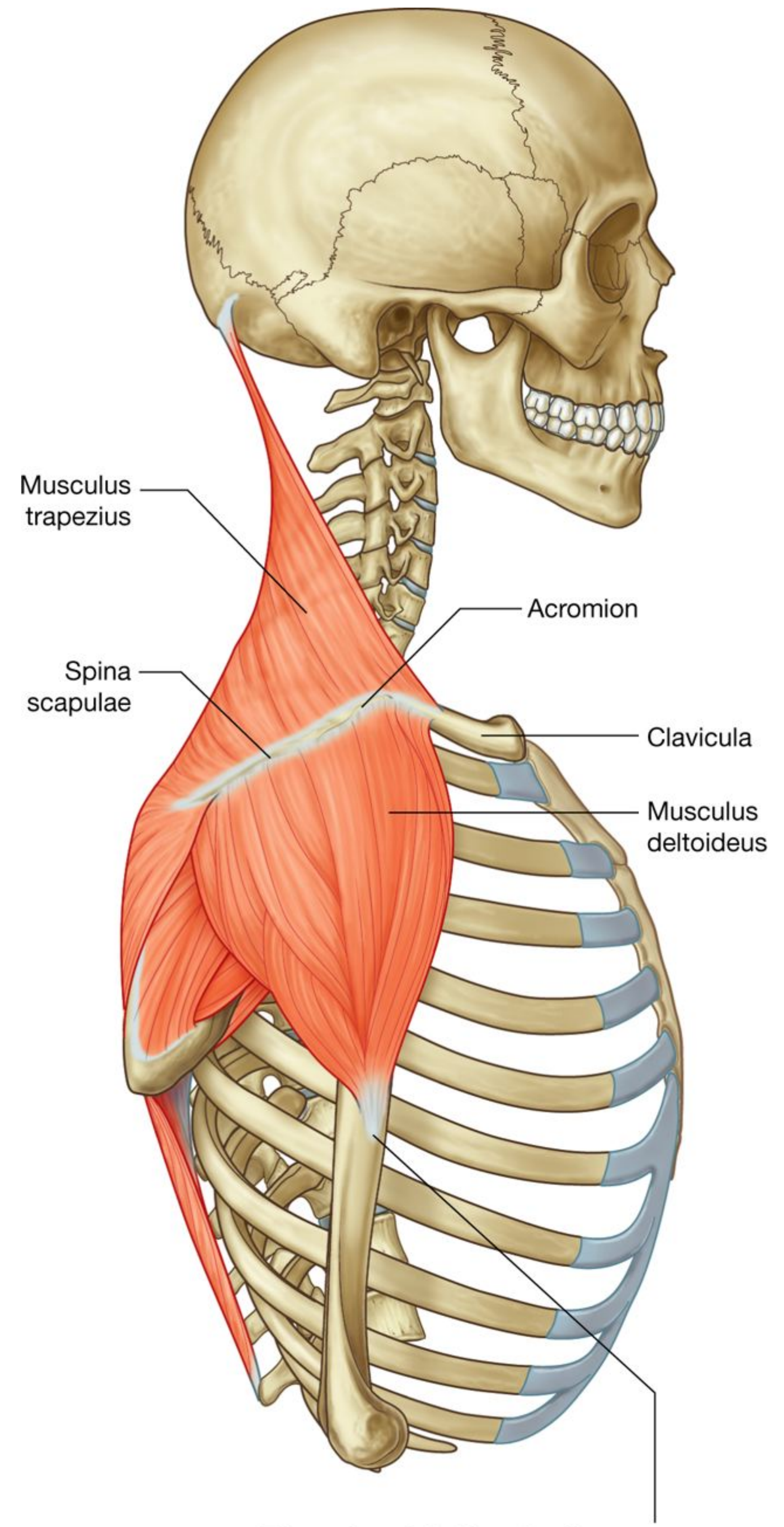
655
656

Muskulatur

Die oberflächlichen Schultermuskeln sind der Musculus trapezius und der Musculus deltoideus (Abb. 7.34 und Tab. 7.1). Gemeinsam bilden sie die charakteristische Schulterkontur:

- Der Musculus trapezius verbindet die Scapula und die Clavicula mit dem Rumpf.
- Der Musculus deltoideus verbindet die Scapula und die Clavicula mit dem Humerus.

Abb. 7.34



Seitenansicht von Musculus trapezius und Musculus deltoideus.

Musculus trapezius und Musculus deltoideus setzen an gegenüberliegenden Oberflächen der Spina scapulae, des Acromions und der Clavicula an. *Die Scapula, die Clavicula und das Acromion können zwischen den Ansatzstellen des Musculus trapezius und des Musculus deltoideus getastet werden.*

Unterhalb des Musculus trapezius ist die Scapula über drei Muskeln mit der Wirbelsäule verbunden, die Musculi levator scapulae, rhomboideus major und rhomboideus minor. Diese drei Muskeln positionieren die Scapula gemeinsam mit dem Musculus trapezius (sowie ventral liegenden Muskeln) auf dem Rumpf.

Musculus trapezius

Der **Musculus trapezius** hat einen ausgedehnten Ursprung am Achsenskelett. Dieser erstreckt sich vom Schädel bis zu den unteren Brustwirbelkörpern (von C1 bis Th12; Abb. 7.35). Von C1 bis C7 setzt der Muskel über das Ligamentum nuchae an den Wirbelkörpern an (Pars descendens). Darunterliegende Anteile sind die Pars transversa und die Pars ascendens. Der Muskel setzt am knöchernen Schulterskelett entlang einer U-förmigen Linie in der Horizontalebene an. Der Boden des U liegt dabei lateral. Gemeinsam bilden rechter und linker Musculus trapezius einen Rhombus oder ein Trapez, daher Musculus trapezius.

Der Musculus trapezius ist ein kräftiger Schulterheber. Die kombinierte Kontraktion von Pars descendens und Pars ascendens führt zur Drehung der Scapula nach lateral oben, sodass die Elevation des Arms unterstützt wird. Kontraktion der Pars transversa zieht die Scapula zur Mittellinie.

Der Musculus trapezius wird vom Nervus accessorius [XI] und von Rami anteriores der Zervikalnerven C3 und C4 innerviert (Abb. 7.35). Die Nerven verlaufen vertikal auf der Muskelunterfläche. *Der Nervus accessorius wird untersucht, indem man die Funktion des Musculus trapezius testet. Hierzu fordert man den Patienten auf, die Schulter gegen Widerstand zu heben.*

Musculus deltoideus

Der **Musculus deltoideus** ist groß und dreieckig. Seine Basis setzt an Scapula und Clavicula an, die Spitze am Humerus (Abb. 7.35). Der Ursprung verläuft entlang der U-förmigen Ansatzlinie von Scapula und Clavicula, spiegelbildlich zu den angrenzenden Ansatzstellen des Musculus trapezius. Der Muskel inseriert an der Tuberositas deltoidea an der lateralen Oberfläche des Humerusschafts. Man unterscheidet drei Muskelanteile: die Partes acromialis, spinalis und clavicularis.

Die Hauptfunktion des Musculus deltoideus ist die Abduktion des Arms über die 15° hinaus, die durch den Musculus supraspinatus bewirkt werden. Ferner kann er die Schulter nach vorn (Pars clavicularis) oder nach hinten (Pars spinalis) ziehen.

656

Tab. 7.1 Schultergürtelmuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus trapezius, bestehend aus Pars descendens, Pars transversa und Pars ascendens	Linea nuchalis superior, Protuberantia occipitalis externa, Dornfortsätze des Halswirbels C7 und der Brustwirbel Th1–Th12, Ligamentum nuchae, Ligamenta supraspinalia	Oberrand der Spina scapulae, Acromion, Hintergrenze des lateralen Claviculadrittels	Nervus accessorius (Ramus externus), Äste des Plexus cervicalis C3–C4	Pars descendens und Pars ascendens sind kräftige Elevatoren der Scapula (Drehung der Scapula nach lateral-kranial für die Elevation des Arms über die Horizontale); die Pars transversa zieht die Scapula nach medial; die Pars descendens zieht die Scapula nach kranial; die Pars ascendens zieht sie nach kaudal
Musculus deltoideus, bestehend aus Pars acromialis, Pars spinalis und Pars clavicularis	Unterrand der Spina scapulae, lateraler Rand des Acromions, laterales Drittel des Claviculavorderrandes	Tuberositas deltoidea des Humerus	Nervus axillaris (C5, C6)	Hauptabduktor des Arms (abduziert den Arm über die 15°, die durch den Musculus supraspinatus erreicht werden); die Pars clavicularis unterstützt die Anteversion des Arms; die Pars spinalis unterstützt die Retroversion des Arms; die Pars acromialis abduziert im Schultergelenk
Musculus levator scapulae	Tubercula posteriora der Querfortsätze der Halswirbel C1–C4	Hinterrand des Margo medialis scapulae vom Angulus superior bis zur Basis der Spina scapulae	Nervus dorsalis scapulae (C2) C3–C5	Verlagerung der Scapula nach kranial, Rückführung des elevierten Arms in die Neutral-Null-Position

Musculus rhomboideus minor	Dornfortsätze der Halswirbel C6–C7, unteres Ende des Ligamentum nuchae	Hinterrand des Margo medialis scapulae im Bereich der Spina scapulae	Nervus dorsalis scapulae C4 – C5	Verlagerung der Scapula nach kranial-medial; Drehung des Angulus inferior der Scapula nach medial; Rückführung des elevierten Arms in die Neutral-Null-Position
Musculus rhomboideus major	Dornfortsätze der Brustwirbel Th1–Th4 (Th5) und Ligamenta interspinalia	Hinterrand des Margo medialis scapulae von der Spina scapulae bis zum Angulus inferior der Scapula	Nervus dorsalis scapulae C4 – C5	Verlagerung der Scapula nach kranial-medial; Drehung des Angulus inferior der Scapula nach medial; Rückführung des elevierten Arms in die Neutral-Null-Position

Der Musculus deltoideus wird vom Nervus axillaris innerviert, der als Ast aus dem Fasciculus posterior des Plexus brachialis hervorgeht. Der Nervus axillaris und die dazugehörigen Blutgefäße (Arteria und Vena circumflexa humeri posterior) treten in den Musculus deltoideus ein, nachdem sie dorsal um das Collum chirurgicum des Humerus verlaufen sind.

Musculus levator scapulae

Der Musculus levator scapulae entspringt an den Processus transversi der Wirbelkörper C1–C4 (Abb. 7.35). Er verläuft kaudalwärts und setzt an der Hinterfläche des Margo medialis der Scapula entlang dem Angulus superior bis zur knöchernen dreieckigen Basis der Spina scapulae an.

657

658

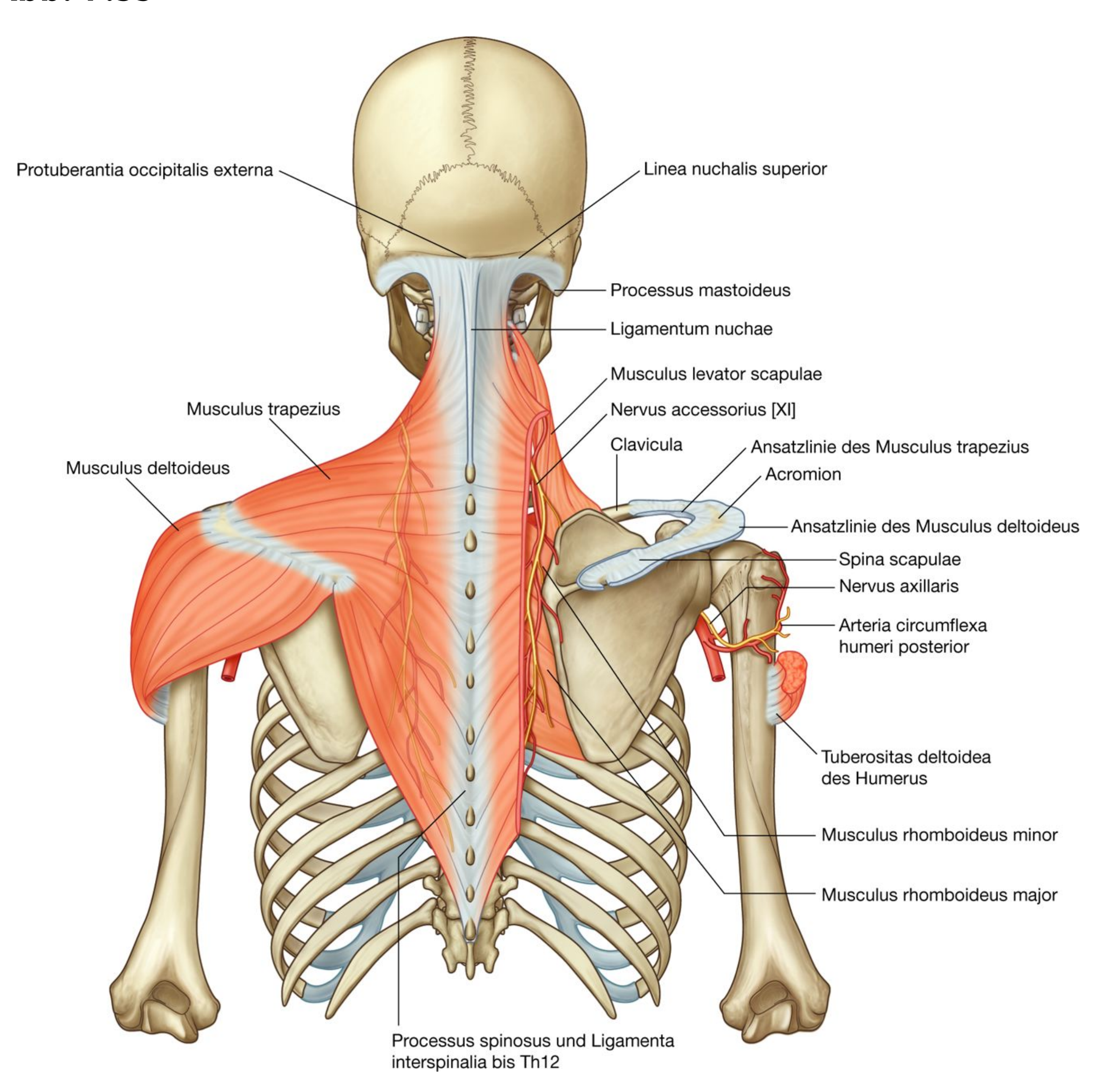
Der Musculus levator scapulae wird vom Nervus dorsalis scapulae (C2) C3 und C4 innerviert.

Der Musculus levator scapulae hebt die Scapula und führt den elevierten Arm in die Neutral-Null-Position zurück.

Musculi rhomboidei minor und major

Die Musculi rhomboidei minor und major entspringen medial an der Wirbelsäule und verlaufen nach lateral inferior, um am Margo medialis der Scapula unterhalb des Musculus levator scapulae anzusetzen (Abb. 7.35).

Abb. 7.35



Ansatzstellen und neurovaskuläre Versorgung des Musculus trapezius und des Musculus deltoideus.

Der Musculus rhomboideus minor entspringt am unteren Abschnitt des Ligamentum nuchae und an den Processus spinosi C6 und C7. Er inseriert lateral an der knöchernen dreieckigen Basis der Spina scapulae an der Hinterfläche des Margo medialis der Scapula.

Der Musculus rhomboideus major entspringt an den Processus spinosi der Wirbelkörper Th2 bis Th5 und von den dazwischen liegenden Ligamenta interspinalia. Er verläuft nach lateral und setzt an der Hinterfläche des Margo medialis der Scapula unterhalb des Musculus rhomboideus minor an.

658

659

Die Musculi rhomboidei werden wie der Musculus dorsalis scapulae vom Nervus dorsalis scapulae, einem Ast des Plexus brachialis, innerviert.

Die Musculi rhomboidei minor und major ziehen die Scapula nach kranial medial, drehen den Angulus inferior der Scapula nach medial und führen den elevierten Arm in die Neutral-Null-Position zurück.

REGIO SCAPULARIS POSTERIOR

Die hintere Schulterblattregion nimmt den dorsalen Anteil der Scapula ein und liegt unterhalb der Musculi trapezius und deltoideus (Abb. 7.36 und Tab. 7.2). Sie umfasst vier Muskeln, die zwischen der Scapula und dem proximalen Humerusende verlaufen: Musculi supraspinatus, infraspinatus, teres minor, und teres major.

Die dorsale Schulterblattregion beinhaltet Anteile eines zusätzlichen Muskels (Caput longum des Musculus triceps brachii), der zwischen der Scapula und dem proximalen Ende des Unterarms verläuft. Der Muskelanteil bildet gemeinsam mit den anderen Muskeln der Region und dem Humerus eine Reihe von Lücken, durch die Nerven und Gefäße verlaufen.

Die Musculi supraspinatus und infraspinatus sind Bestandteile der Rotatorenmanschette, die das Schultergelenk stabilisiert.

Muskulatur

Musculus supraspinatus und Musculus infraspinatus

Der **Musculus supraspinatus** und der **Musculus infraspinatus** entspringen in zwei großen Vertiefungen der Scapula (Fossa supraspinata bzw. Fossa infraspinata). Die Fossa supraspinata liegt oberhalb, die Fossa infraspinata unterhalb der Spina scapulae (Abb. 7.36). Die Sehnen der Muskeln setzen am Tuberculum majus des Humerus an.

Tab. 7.2 Muskeln der Regio scapularis posterior (die fett gedruckten Spinalsegmente weisen auf das Hauptsegment der Muskelinnervation hin)

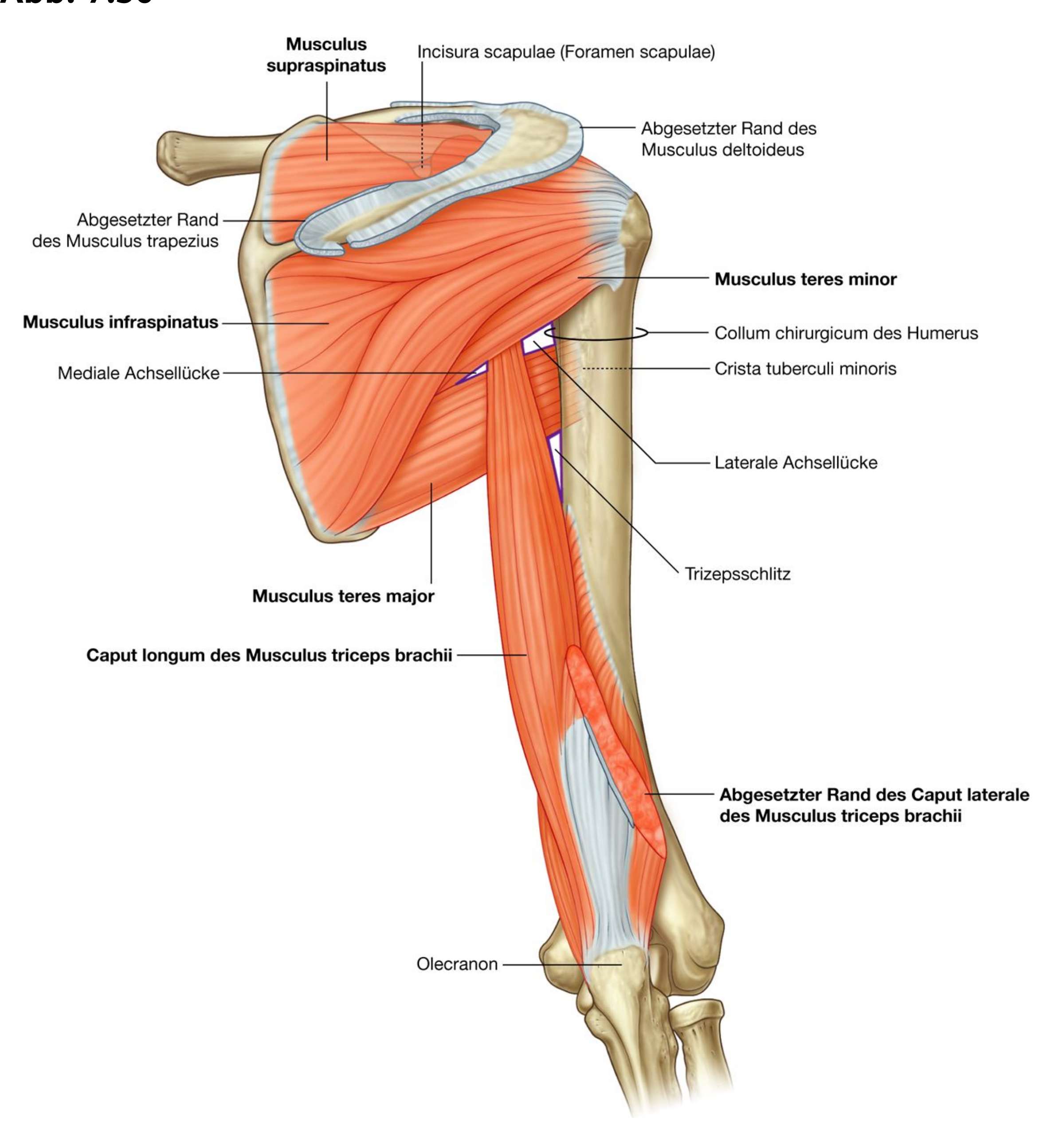
Muskel	**Ursprung**	**Ansatz**	**Innervation**	**Funktion**
Musculus supraspinatus (Rotatorenmanschette)	Mediale zwei Drittel der Fossa supraspinata der Scapula und tiefe Muskelfaszie (Fascia supraspinata)	Oberer Anteil des Tuberculum majus des Humerus	Nervus suprascapularis **C5**, C6	Initiator der Abduktion des Arms im Schultergelenk bis etwa 15°; unterstützt Außenrotation; bei antevertiertem Arm Unterstützung der Innenrotation; zieht Humeruskopf in Gelenkpfanne; spannt die Gelenkapsel
Musculus infraspinatus (Rotatorenmanschette)	Mediale zwei Drittel der Fossa infraspinata der Scapula und tiefe Muskelfaszie	Mittlerer Anteil des Tuberculum majus des Humerus	Nervus suprascapularis **C5**, C6	Außenrotation im Schultergelenk; Unterstützung der Abduktion (kranialer Anteil) und der Adduktion (kaudaler Anteil); spannt die Gelenkkapsel
Musculus teres minor (Rotatorenmanschette)	Mittlerer Anteil des Margo lateralis scapulae und kaudolateraler Anteil der Fossa infraspinata	Unterer Anteil des Tuberculum majus des Humerus	Nervus axillaris **C5**, C6	Außenrotation und Adduktion im Schultergelenk
Musculus teres major	Verlängertes ovales Areal am Margo lateralis und am Angulus inferior scapulae	Crista tuberculi minoris	Nervus subscapularis und/oder Nervus thoracodorsalis C5–C7	Innendrehung, Adduktion und Retroversion im Schultergelenk
Caput longum des Musculus triceps brachii	Tuberculum infraglenoidale der Scapula	Gemeinsamer Sehnenansatz mit dem medialen und lateralen Trizepskopf am Olecranon der Ulna	Nervus radialis C6, **C7**, C8 (Kennmuskel für das Rückenmarksegment C7, Triceps-brachii-Reflex)	Streckung im Ellenbogengelenk, zusätzliche Adduktion im Schultergelenk; Tragen von Lasten am Arm

- Die Sehne des Musculus supraspinatus verläuft unter dem Acromion und ist hier durch die Bursa subacromialis vom Knochen getrennt. Anschließend verläuft sie weiter über das Schultergelenk und inseriert am oberen Anteil des Tuberculum majus humeri.
- Die Sehne des Musculus infraspinatus verläuft hinter dem Schultergelenk und inseriert am mittleren Anteil des Tuberculum majus humeri.

659
660

Der Musculus supraspinatus initiiert die Abduktion des Arms (erste 15°). Der Musculus infraspinatus ist ein kräftiger Außenrotator des Arms.

Abb. 7.36



Rechte Regio scapularis posterior.

Musculus teres minor und Musculus teres major

Der **Musculus teres minor** ist ein strangartiger Muskel, der am mittlerer Anteil des Margo lateralis scapulae und am kaudolateraleren Aneil der Fossa infraspinata entspringt (Abb. 7.36). Die Sehne inseriert am kaudalen Abschnitt des Tuberculum majus humeri. Der Musculus teres minor ist ein Außenrotator und Adduktor im Schultergelenk und Teil der Rotatorenmanschette.

660

661

Der **Musculus teres major** entspringt an einem großen ovalen Areal von der Hinterfläche des Angulus inferior der Scapula (Abb. 7.36). Der breite strangartige Muskel verläuft nach kranial und lateral und endet mit einer flachen Sehne an der Crista tuberculi minoris auf der Vorderfläche des Humerus. Der Musculus teres major bewirkt eine Innenrotation und Adduktion des Humerus.

Caput longum des Musculus triceps brachii

Das **Caput longum des Musculus triceps brachii** entspringt am Tuberculum infraglenoidale und verläuft entlang dem Arm, um zusammen mit dem Caput mediale und dem Caput laterale des Musculus triceps brachii am Olecranon der Ulna zu inserieren (Abb. 7.36).

Der Musculus triceps brachii ist der Hauptstrecker im Ellenbogengelenk. Da der lange Kopf des Muskels über das Schultergelenk verläuft, bewirkt er zusätzlich am Humerus eine Adduktion und Retroversion des Arms.

Das Caput longum des Musculus triceps brachii verläuft vertikal zwischen Musculus teres major und Musculus teres minor hindurch. Dabei werden Lücken zwischen den Muskeln und dem Humerus gebildet, durch die Nerven und Gefäße treten.

Verbindungen zur Regio scapularis posterior

Foramen scapulae

Durch das Foramen scapulae verlaufen Strukturen von der Halsbasis zur Regio scapularis posterior (Abb. 7.36). Das Foramen wird von der Incisura scapulae und dem die Incisura scapulae überbrückenden Ligamentum transversum scapulae superius gebildet, das aus der Incisura scapulae ein Foramen macht.

Der Nervus suprascapularis tritt durch das Foramen. Arteria und Vena suprascapularis verlaufen zwar gemeinsam mit dem Nerv, treten aber nicht direkt durch das Foramen, sondern ziehen direkt über das Ligamentum transversum scapulae superius (Abb. 7.37).

Laterale Achsellücke (von dorsal)

Die laterale Achsellücke bildet einen Durchlass für Nerven und Gefäße von ventral aus der Axilla zur Regio scapularis posterior (Abb. 7.36). Die dorsale Begrenzung der lateralen Achsellücke besteht aus:

- Unterrand des Musculus teres minor
- Collum chirurgicum des Humerus
- Oberrand des Musculus teres major
- lateralem Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii.

Der Nervus axillaris sowie die Arteria und Vena circumflexa humeri posterior treten durch die laterale Achsellücke (Abb. 7.37).

Klinik

Syndrom der lateralen Achsellücke

Eine Hypertrophie der Muskulatur der lateralen Achsellücke oder eine Fibrose der Muskelränder kann den Nervus axillaris einengen. Hieraus kann eine Schwäche des Musculus deltoideus resultieren. Typischerweise kommt es dabei ebenfalls zu einer Atrophie des Musculus teres minor und damit zu einer eingeschränkten Kontrolle der Schultergelenk-bewegungen durch die Rotatorenmanschette.

Mediale Achsellücke

Die mediale Achsellücke stellt ebenso wie die laterale eine Verbindung zwischen der Axilla und der Regio scapularis posterior her (Abb. 7.36). Ihre dorsale Begrenzung besteht aus:

- medialem Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii
- Oberrand des Musculus teres major
- Unterrand des Musculus teres minor.

Arteria und Vena circumflexa scapulae treten durch die Lücke (Abb. 7.37).

Trizepsschlitz

Der Trizepsschlitz wird begrenzt vom:

- lateralen Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii
- Humerusschaft
- Unterrand des Musculus teres major (Abb. 7.36).

Da der Trizepsschlitz unterhalb des Unterrandes des Musculus teres major liegt, der als untere Grenze der Axilla gilt, dient er als Verbindung zwischen ventralem und dorsalem Anteil des Arms sowie zwischen dorsalem Anteil des Arms und der Axilla. Der Nervus radialis, die **Arteria profunda brachii** und die dazugehörigen Venen treten hier von ventral nach dorsal (Abb. 7.37).

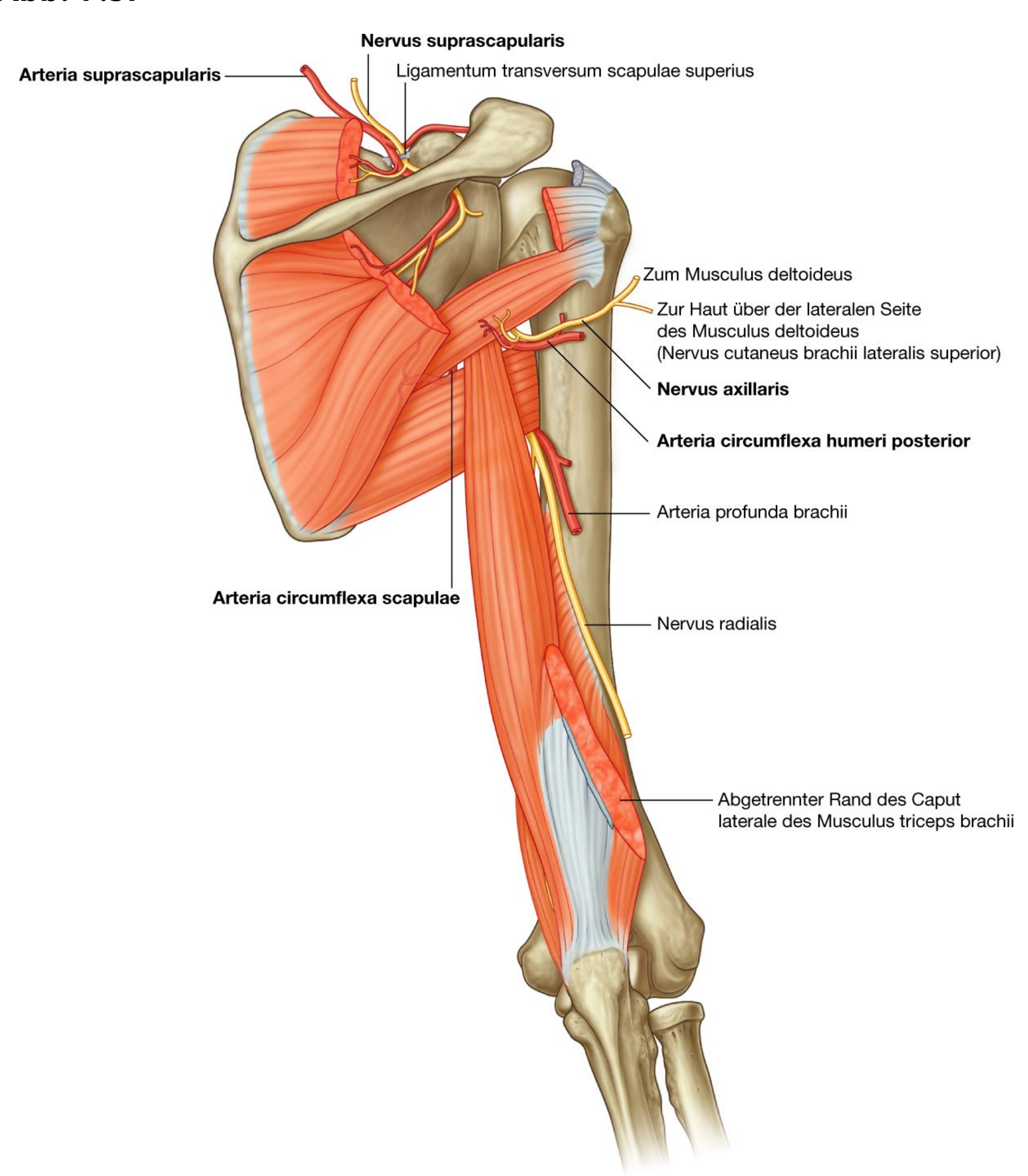
Nerven

Die beiden Hauptnerven der Regio scapularis posterior sind der Nervus suprascapularis und der Nervus axillaris, die beide aus dem Plexus brachialis in der Axilla hervorgehen (Abb. 7.37).

661

662

Abb. 7.37



Arterien und Nerven, die mit den Verbindungswegen in die Regio scapularis posterior assoziiert sind.

Nervus suprascapularis

Der **Nervus suprascapularis** entspringt an der Halsbasis aus dem Truncus superior des Plexus brachialis. Er verläuft nach posterolateral, tritt unterhalb des Ligamentum transversum scapulae superius durch die Incisura scapulae, um in die Regio scapularis posterior zu gelangen, und verläuft weiter zwischen Knochen und Musculus supraspinatus (Abb. 7.37).

Der Nerv innerviert den Musculus supraspinatus, tritt anschließend unterhalb des Ligamentum transversum scapulae inferius durch die Incisura spinoglenoidalis zwischen der Basis der Spina scapulae und der Cavitas glenoidalis in die Fossa infraspinata und innerviert hier den Musculus infraspinatus.

Normalerweise gibt der Nervus suprascapularis keine Hautäste ab.

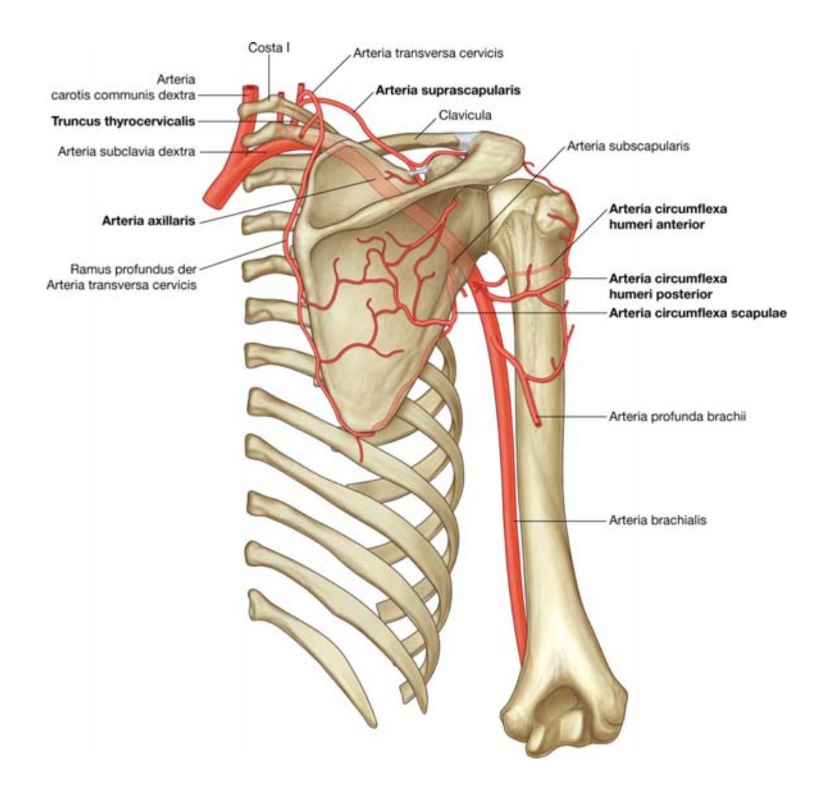
662
663

Nervus axillaris

Der **Nervus axillaris** entspringt gemeinsam mit dem Nervus radialis aus dem Fasciculus posterior des Plexus brachialis. Er verlässt die Axilla durch die laterale Achsellücke und tritt in die Regio scapularis posterior ein (Abb. 7.37). Zusammen mit der Arteria und Vena circumflexa humeri posterior verläuft er direkt hinter dem Collum chirurgicum des Humerus.

Der Nervus axillaris innerviert die Musculi deltoideus und teres minor. Außerdem gibt er den Nervus cutaneus brachii lateralis superior ab, der die Haut über dem unteren Anteil des Musculus deltoideus innerviert.

Abb. 7.38



Arterielle Anastomosen der Schulter.

Arterien und Venen

In der hinteren Scapularegion bilden drei Hauptarterien die sog. Schulterblattarkade, ein vaskuläres Netzwerk um die Scapula: die Arteria suprascapularis, die Arteria circumflexa humeri posterior und die Arteria circumflexa scapulae (Abb. 7.38).

Arteria suprascapularis

Die **Arteria suprascapularis** entspringt an der Halsbasis als Ast des Truncus thyrocervicalis, der wiederum ein Hauptast der Arteria subclavia ist (Abb. 7.37 und 7.38). Das Gefäß kann manchmal auch direkt aus der Arteria subclavia abgehen.

663

664

Die Arteria suprascapularis gelangt in der Regel oberhalb vom Ligamentum transversum scapulae superius in die Regio scapularis posterior. Der Nerv tritt im Gegensatz dazu durch den von Ligamentum transversum scapulae superius und Incisura scapulae gebildeten osteofibrösen Kanal. In der dorsalen Scapularegion verläuft die Arterie dann gemeinsam mit dem Nerv.

Neben der arteriellen Versorgung des Musculus supraspinatus und des Musculus infraspinatus dienen kleinere Äste der Versorgung der umliegenden Strukturen. Darüber hinaus bestehen Anastomosen zu den anderen Arterien der Region.

Arteria circumflexa humeri posterior

Die **Arteria circumflexa humeri posterior** entspringt aus der Arteria axillaris in der Axilla (Abb. 7.38).

Die Arteria circumflexa humeri posterior und der Nervus axillaris verlassen die Axilla durch die laterale Achsellücke. Die Arterie versorgt die umliegenden Muskeln, das Schultergelenk und bildet Anastomosen mit den anderen Arterien.

Arteria circumflexa scapulae

Die **Arteria circumflexa scapulae** ist ein Ast der Arteria subscapularis, die ebenfalls aus der Arteria axillaris entspringt (Abb. 7.38). Die Arteria circumflexa scapulae verlässt die Axilla durch die mediale Achsellücke, verläuft durch den Ursprung des Musculus teres minor und bildet Anastomosen mit den anderen Arterien der Region.

Venen

Die Venen der Regio scapularis posterior verlaufen zusammen mit den Arterien und sind mit den Venen des Halses, des Rückens, des Arms und der Axilla verbunden.

AXILLA

Die Axilla bildet das Tor zur oberen Extremität und stellt somit die Verbindung zwischen Hals und Arm her (Abb. 7.39A). Sie wird von Clavicula, Scapula, oberer Thoraxwand, Humerus und den angrenzenden Muskeln gebildet und ist mit einer unregelmäßig geformten Pyramide vergleichbar (Abb. 7.39A und B) mit

- vier Seiten
- einem Eingang
- einem Boden (Basis).

Der axilläre Zugang steht kranial mit dem Hals in Verbindung; der laterale Anteil des Bodens hat eine Öffnung zum Arm.

Alle Strukturen, die zum Arm ziehen und vom Arm kommen, verlaufen durch die Axilla (Abb. 7.39C). Dies wird durch Öffnungen zwischen der Muskulatur der vorderen und hinteren Wand der Axilla (Regiones scapularis posterior, pectoralis und deltoidea) ermöglicht.

Axillärer Zugang

Der axilläre Zugang liegt in der Horizontalebene und hat eine dreieckige Form mit einer nach lateral zeigenden Spitze (Abb. 7.39A und B). Die Ränder des Zugangs werden von Knochen gebildet:

- Der mediale Rand ist die laterale Grenze der 1. Rippe.
- Der Vorderrand ist die Hinterwand der Clavicula.
- Der Hinterrand ist die obere Grenze der Scapula.

Die Spitze des dreieckigen Zugangs zur Axilla liegt lateral und wird vom medialen Rand des Processus coracoideus gebildet.

Die großen Gefäße und Nerven verlaufen zwischen dem Hals und der Axilla, indem sie die laterale Grenze der 1. Rippe kreuzen und durch den axillären Zugang treten (Abb. 7.39A).

Die Arteria subclavia, das wichtigste Gefäß der oberen Extremität, wird nach Überkreuzung der 1. Rippe zur Arteria axillaris. Entsprechend wird die Vena axillaris nach Verlassen der Axilla und Überkreuzung der 1. Rippe zur Vena subclavia.

Auf Höhe des axillären Zugangs liegt die Vena axillaris vor der Arteria axillaris, die ihrerseits wiederum vor dem Plexus brachialis verläuft.

Der Truncus inferior des Plexus brachialis liegt im Halsbereich direkt auf der 1. Rippe. Nach dem Verlauf über die 1. Rippe werden die Arterie und die Vene normalerweise durch den Ansatz des Musculus scalenus anterior getrennt (Abb. 7.39A). Die Arteria subclavia verläuft

hinter dem Muskel durch die Skalenuslücke. Die Vena subclavia verläuft vor dem Musculus scalenus anterior über die 1. Rippe.

Vorderwand

Die vordere Axillawand wird vom lateralen Anteil des Musculus pectoralis major, dem darunterliegenden Musculus pectoralis minor und dem Musculus subclavius sowie von der Fascia clavipectoralis gebildet (Tab. 7.3).

Musculus pectoralis major

Der **Musculus pectoralis** major ist der größte und oberflächlichste Muskel der vorderen Axillawand (Abb. 7.40). Sein Unterrand bildet die vordere Axillarfalte als ventrokaudale Grenze der Axilla. Der Muskel besteht aus zwei Teilen:

- Die Pars clavicularis entspringt von der medialen Hälfte der Clavicula.

664

665

- Die Pars sternocostalis hat ihren Ursprung an der ventromedialen Thoraxwand. Oft verlaufen Fasern dieses Anteils noch weiter nach mediokaudal, setzen an der vorderen Bauchwand an und bilden einen zusätzlichen abdominellen Anteil des Muskels (Pars abdominalis).

Der Muskel setzt an der Crista tuberculi majoris des Humerus an. Die Muskelfasern, die oben am Thorax entspringen, setzen tiefer und weiter vorn am Humerus an als die Fasern, die vom unteren Anteil der Brustwand kommen.

Gemeinsam bewirken die beiden Anteile im Schultergelenk eine Adduktion und Innenrotation. Außerdem senken sie den abduzierten Arm. Die Pars clavicularis bewirkt außerdem eine Anteversion des abduzierten Arms.

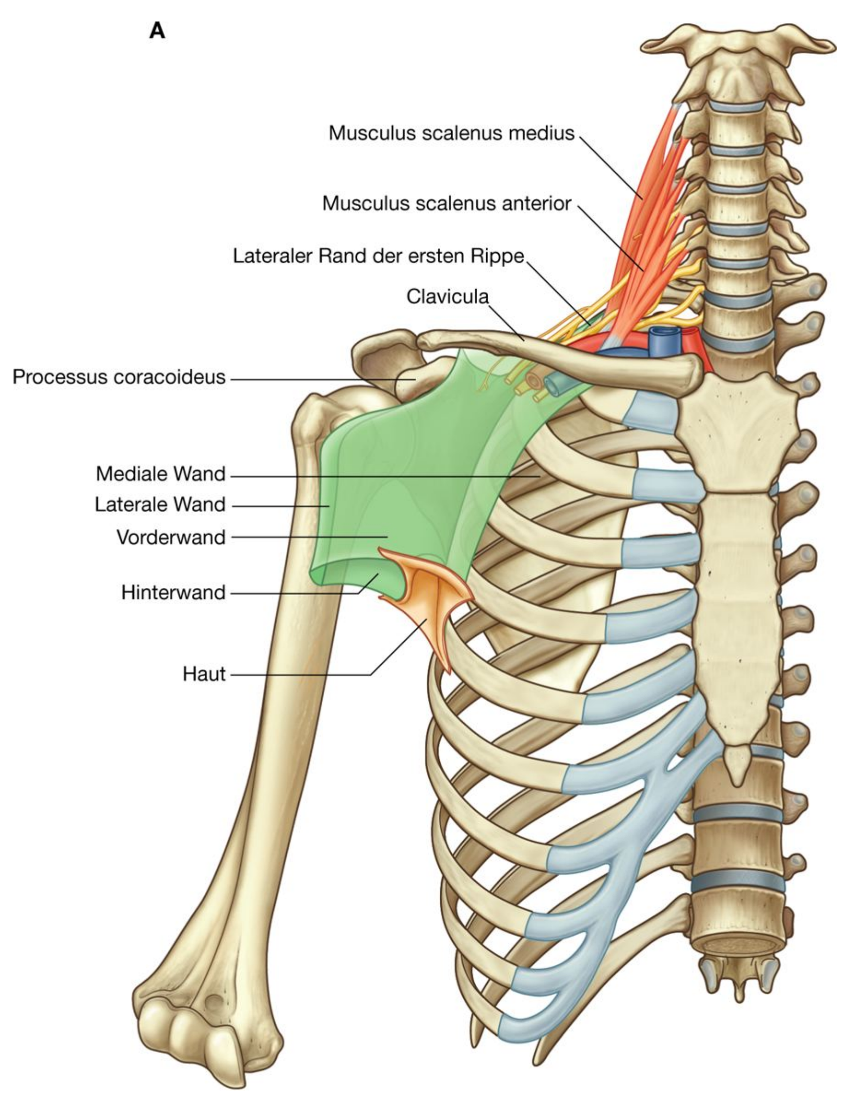
Der Musculus pectoralis major wird von Nervi pectorales medialis und lateralis innerviert, die aus dem Plexus brachialis in der Axilla hervorgehen.

Musculus subclavius

Der **Musculus subclavius** ist ein kleiner Muskel der unterhalb des Musculus pectoralis major liegt und zwischen Clavicula und 1. Rippe verläuft (Abb. 7.41). Er entspringt medial an der 1. Rippe im Bereich der Knorpel-Knochen-Grenze. Der Muskel verläuft nach lateral und kranial, um am flachen Sulcus musculi subclavii an der mittleren Unterfläche der Clavicula zu inserieren.

Die Funktion des Musculus subclavius ist nicht vollständig geklärt. Man geht davon aus, dass er die Clavicula und damit die Schulter senkt und das Sternoklavikulargelenk stabilisiert, indem er die Clavicula nach medial zieht. Außerdem spannt er die Fascia clavipectoralis und hält dadurch die Vena subclavia offen.

Abb. 7.39



665

666

B

Eingang
- lateraler Rand der ersten Rippe
- Clavicula
- Oberrand der Scapula bis zum Processus coracoideus

Vorderwand
- Musculi pectorales major und minor
- Musculus subclavius
- Fascia clavipectoralis

Laterale Wand
- Sulcus intertubercularis

Mediale Wand
- obere Thoraxwand
- Musculus serratus anterior

Hinterwand
- Musculus subscapularis, Musculus teres major, Musculus latissimus dorsi und Caput longum des Musculus triceps brachii

Boden
- Haut der Armbeuge
- Öffnung lateral zum Arm

C

Axilläre Gefäß-Nerven-Scheide, die Arterien, Venen, Nerven und Lymphgefäße umschließt

Eingang

Spitze des axillären Zugangs

Axilla

Haut am Boden der Axilla

Haut des Arms

Axilla. **A**. Wände und Übergang zwischen Hals und Arm. (*Fortsetzung*) Axilla. **B**. Begrenzungen. **C**. Verbindung zum Arm.

Der Musculus subclavius wird durch den Nervus subclavius innerviert, einen kleinen Ast des Truncus superior des Plexus brachialis.

Musculus pectoralis minor

Der **Musculus pectoralis minor** ist ein kleiner dreieckiger Muskel unterhalb des Musculus pectoralis major, der von der Thoraxwand zum Processus coracoideus der Scapula zieht (Abb. 7.41). Er entspringt in drei muskulären Streifen an der Vorderfläche der 3.–5. Rippe sowie an der Faszie der dazugehörigen Musculi intercostales. Die Muskelfasern verlaufen nach lateral und kranial, um schließlich am Processus coracoideus zu inserieren.

Der Musculus pectoralis minor kippt die Scapula auf der Thoraxwand nach vorn und senkt den Angulus lateralis der Scapula.

Der Musculus pectoralis minor wird durch die Nervi pectorales medialis und lateralis innerviert, die aus dem Plexus brachialis hervorgehen.

Fascia clavipectoralis

Die Fascia clavipectoralis ist eine dicke Bindegewebsmembran, die die Clavicula mit dem Boden der Axilla verbindet (Abb. 7.41). Sie schließt die Musculi subclavius und pectoralis minor ein und verspannt die Lücke zwischen den beiden Muskeln.

Die von der Axilla zur Vorderwand der Axilla laufenden Strukturen treten dabei entweder zwischen den Musculi pectoralis minor und subclavius oder unterhalb des Musculus pectoralis minor durch die Faszie.

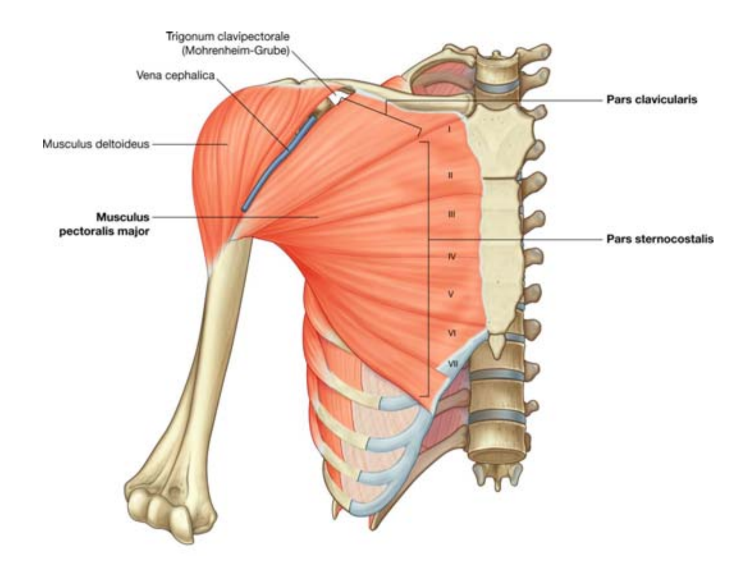
666

Tab. 7.3 Muskeln der vorderen Axillawand (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation der Muskeln)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus pectoralis major	Pars clavicularis – Vorderrand der medialen Hälfte der Clavicula Pars sternocostalis – Vorderfläche des Sternums, 1.–7. Rippenknorpel, Aponeurose des Musculus obliquus externus abdominis	Crista tuberculi majoris	Nervus pectoralis medialis (C8 – Th1), Nervus pectoralis lateralis (**C5**–C7), Pars clavicularis (C5, C6), Pars sternocostalis (C6, **C7**, C8, Th1)	Adduktion und Innenrotation des Arms im Schultergelenk; Senken des elevierten Arms; Führen des Arms vor dem Körper zur Gegenseite; Vorziehen und Senken der Schulter; Pars clavicularis – Anteversion des abduzierten Arms
Musculus subclavius	Vorderfläche 1. Rippe auf Höhe der Knorpel-Knochen-Grenze	Sulcus musculi subclavii an der Unterfläche der Clavicula (mittleres Drittel)	Nervus subclavius (C5, C6)	Senken der Clavicula, Stabilisierung im Sternoklavikulargelenk
Musculus pectoralis minor*	Vorderfläche der 3. – 5. Rippe; Faszie der Interkostalmuskeln	Processus coracoideus	Nervi pectorales medialis und lateralis (C6, **C7, C8)**	Senken und Kippung der Scapula nach dorsomedial

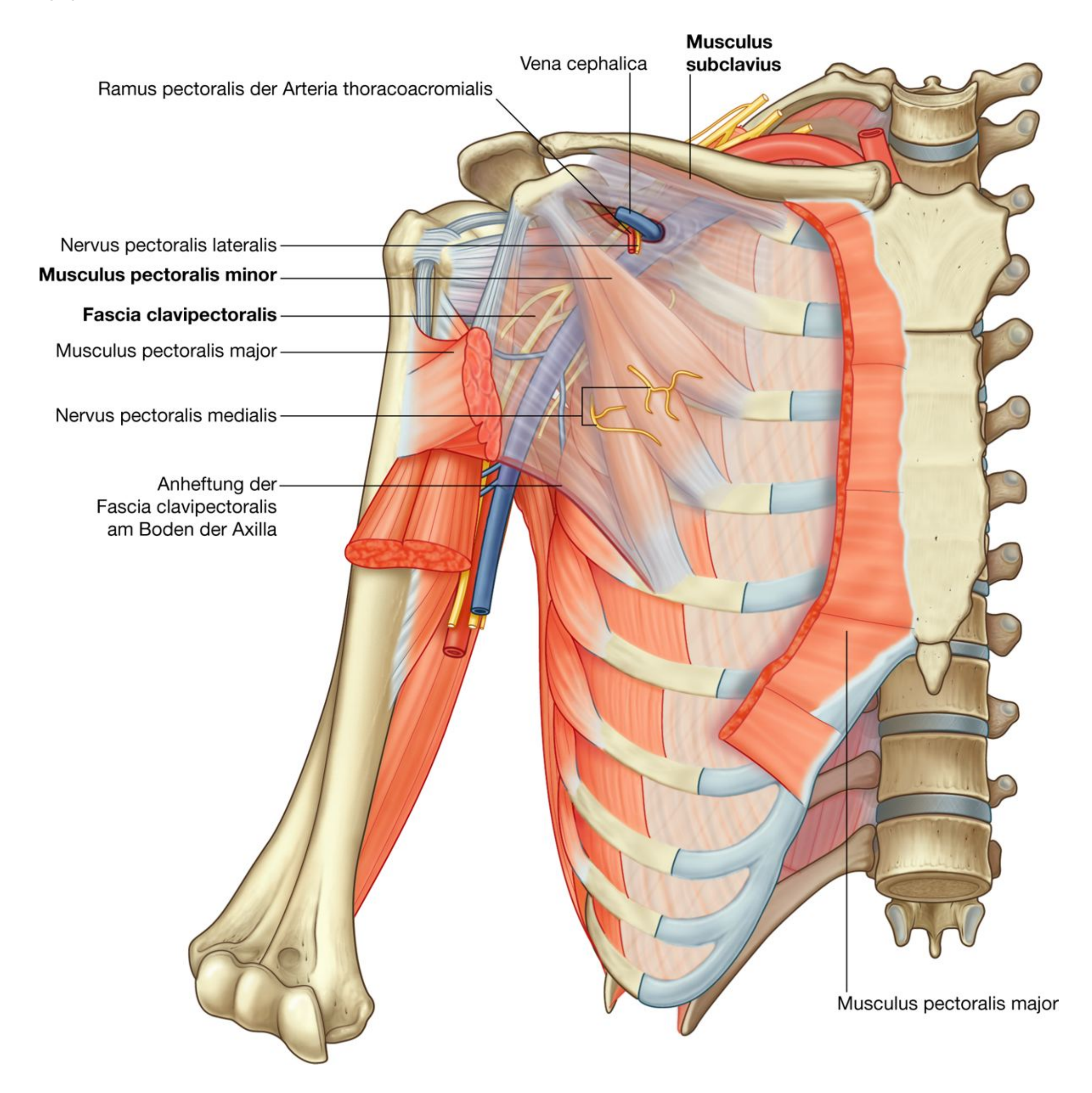
* gehört funktionell zu den Schultergürtelmuskeln, embryologisch zu den ventralen Schultergelenkmuskeln

Abb. 7.40



Musculus pectoralis major.

Abb. 7.41



Musculus pectoralis minor, Musculus subclavius und Fascia clavipectoralis.

Wichtige Strukturen, die zwischen dem Musculus pectoralis minor und dem Musculus subclavius verlaufen, sind die Vena cephalica, die Arteria thoracoacromialis und der Nervus pectoralis lateralis.

Die Arteria thoracica lateralis verlässt die Axilla durch die Faszie unterhalb des Musculus pectoralis minor.

Der Nervus pectoralis medialis verlässt die Axilla direkt durch den Musculus pectoralis minor. Er innerviert diesen Muskel und zieht anschließend meist weiter bis zum Musculus pectoralis major. Gelegentlich ziehen Anteile des Nervus pectoralis medialis um den Unterrand des Musculus pectoralis minor und innervieren den darüberliegenden Musculus pectoralis major.

Mediale Wand

Die mediale Axillawand besteht aus der oberen Thoraxwand (Rippen und dazugehörige Interkostalstrukturen) und dem Musculus serratus anterior (Abb. 7.42 und Tab. 7.4, siehe auch Abb. 7.39).

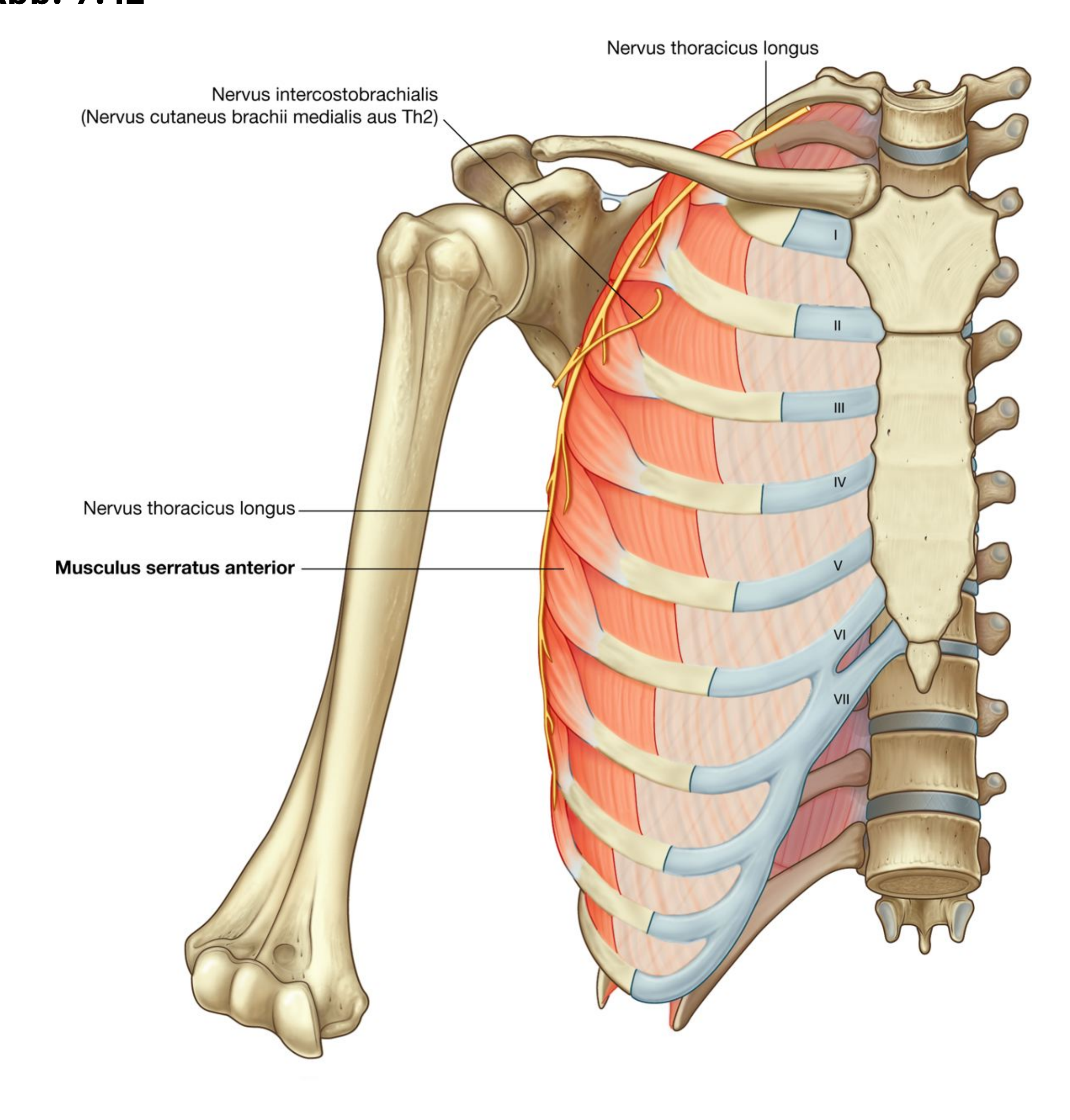
Musculus serratus anterior

Der **Musculus serratus anterior** entspringt mit mehreren muskulären Strängen von den lateralen Oberflächen der 1.–9. Rippe und der Faszie der dazugehörigen Musculi intercostales (Abb. 7.42). Man unterscheidet drei Anteile: Pars superior, Pars intermedia und Pars inferior. Der Muskel bildet ein flaches Blatt, das hinten um die Thoraxwand läuft und an der kostalen Oberfläche des Angulus superior (Pars superior), des Margo medialis (Pars intermedia) und des Angulus inferior (Pars inferior) der Scapula ansetzt.

668

669

Abb. 7.42



Mediale Wand der Axilla.

Tab. 7.4 Muskeln der medialen Wand der Axilla (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation der Muskeln)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus serratus anterior, bestehend aus Pars inferior, Pars intermedia und Pars superior	Laterale Oberfläche der 1. – 9. Rippe, Faszie der dazugehörigen Interkostalmuskulatur	Angulus superior scapulae (Pars superior); Margo medialis scapulae (Pars intermedia); Angulus inferior scapulae (Pars inferior)	Nervus thoracicus longus (C5, **C6, C7**)	Drehung der Scapula nach lateral-kranial (Pars inferior und Pars intermedia); Unterstützung der Rückführung des elevierten Arms und Verschiebung der Scapula nach kranial (Pars superior); Fixierung des medialen Scapularandes an der Thoraxwand

669

670

Der Musculus serratus anterior zieht die Scapula nach vorn und erleichtert so ihre Rotation. Außerdem hält er den medialen Scapularand dicht an der Thoraxwand.

Der Muskel wird durch den Nervus thoracicus longus innerviert, der aus Wurzeln des Plexus brachialis hervorgeht. Der Nerv verläuft durch die Axilla und zieht anschließend auf der Oberfläche des Musculus serratus anterior weiter kaudalwärts.

Die einzige Struktur, die direkt durch die mediale Wand der Axilla tritt, ist der Nervus intercostobrachialis. Dieser Nerv ist der laterale Hautast des zweiten Interkostalnervs (Ramus anterior aus Th2). Er kommuniziert mit einem Ast des Plexus brachialis (Nervus cutaneus brachii medialis) in der Axilla und innerviert die Haut an der oberen posteromedialen Seite des Oberarms, einem Teil des Dermatoms aus Th2.

Klinik

Schädigung des Nervus thoracicus longus

Da der Nervus thoracicus longus auf der Oberfläche des Musculus serratus anterior verläuft und nur von Haut und Subcutis bedeckt ist, ist er relativ ungeschützt. Bei Schädigung des Nervs beispielsweise im Rahmen einer axillären Lymphknotenausräumung bei Mammakarzinom entsteht eine Muskelparese mit Abstehen der Scapula. (Der Muskel kann nicht mehr am Thorax gehalten werden, es kommt zur Scapula alata.) Der Arm kann ebenfalls nicht mehr über die Horizontale eleviert werden.

Laterale Wand

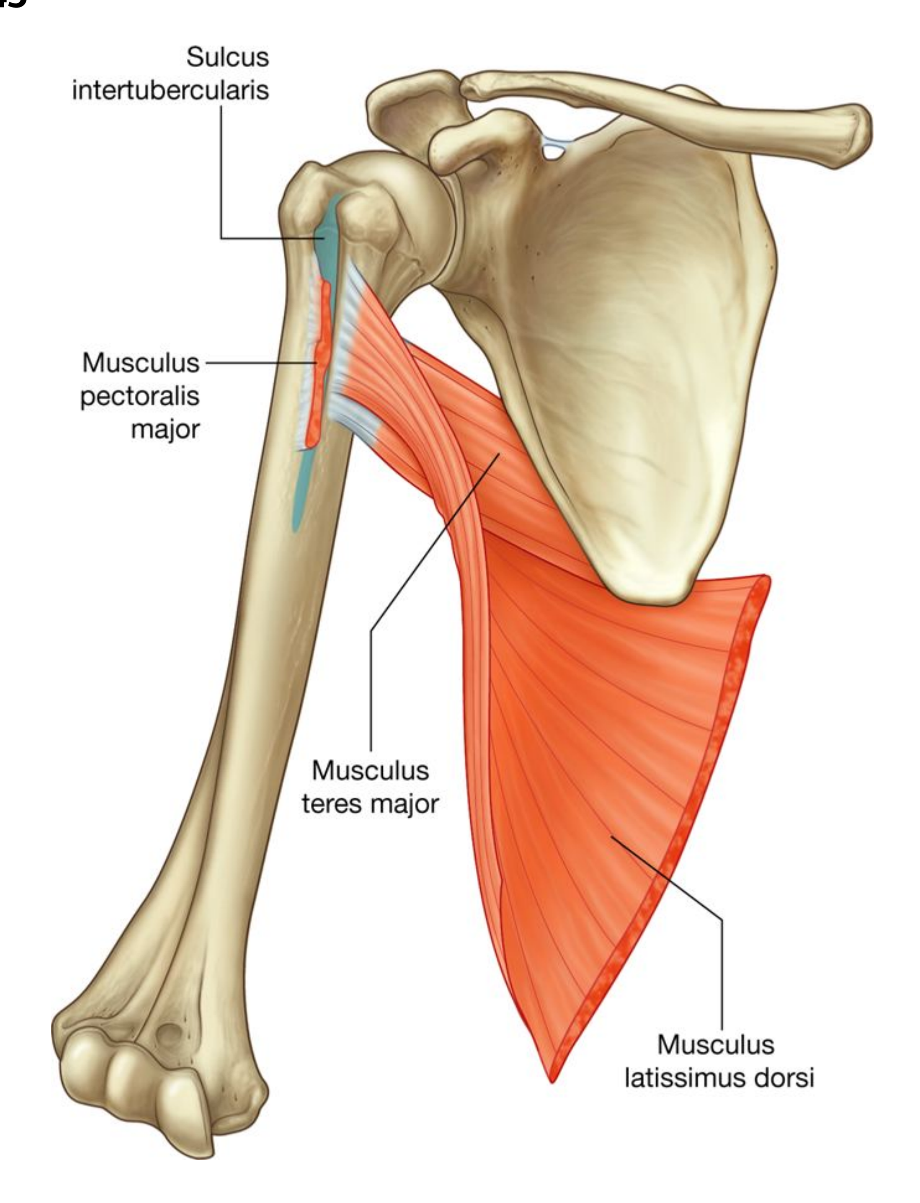
Die laterale Axillawand ist schmal und wird ausschließlich vom Sulcus intertubercularis des Humerus gebildet (Abb. 7.43).

Der Musculus pectoralis major der Vorderwand setzt an der Crista tuberculi majoris an. Der Musculus teres major und der Musculus latissimus dorsi der Hinterwand der Axilla inserieren an der Crista tuberculi minoris und am Boden des Sulcus intertubercularis (Tab. 7.5).

Hinterwand der Axilla

Die Hinterwand der Axilla ist komplex aufgebaut (Abb. 7.44 und Abb. 7.39). Das knöcherne Gerüst wird von der Facies costalis der Scapula gebildet. Zur Muskulatur der hinteren Axillawand gehören:

Abb. 7.43



Laterale Wand der Axilla.

- Musculus subscapularis (er ist an der Facies costalis der Scapula fixiert)
- distale Anteile des Musculus latissimus dorsi und des Musculus teres major (die vom Rücken und von der Regio scapularis posterior zur Hinterwand gelangen)
- proximaler Anteil des Caput longum des Musculus triceps brachii (der vertikal an der Hinterwand zum Arm läuft).

Lücken in der Hinterwand bilden Öffnungen für Strukturen, die zwischen Axilla, Regio scapularis posterior und dem dorsalen Anteil des Oberarms verlaufen.

Musculus subscapularis

Der **Musculus subscapularis** bildet den größten Anteil der Hinterwand der Axilla. Er entspringt in der Fossa subscapularis, füllt sie komplett aus und inseriert am Tuberculum minus des Humerus (Abb. 7.44 und 7.45). Die Sehne verläuft direkt ventral entlang der Gelenkkapsel des Schultergelenks.

Gemeinsam mit den drei Muskeln der hinteren Scapularegion (Musculi supraspinatus, infraspinatus und teres minor) bildet der Musculus subscapularis die Rotatorenmanschette, die das Schultergelenk stabilisiert (muskulär geführtes Gelenk).

670

Tab. 7.5 Muskeln der lateralen und dorsalen Axillawand (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation der Muskeln; Spinalsegmente in Klammern sind nicht immer an der Innervation beteiligt)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus subscapularis (Rotatorenmanschette)	Fossa subscapularis auf der Facies costalis der Scapula	Tuberculum minus des Humerus	Nervus subscapularis C5, **C6**, (C7)	Innenrotation des Arms im Schultergelenk; Unterstützung der Abduktion (kranialer Anteil) und Adduktion bei eleviertem Arm
Musculus teres major	Verlängertes ovales Areal am Margo lateralis und am Angulus inferior der Scapula	Crista tuberculi minoris des Humerus	Nervus subscapularis und/oder Nervus thoracodorsalis C5 – C7	Innenrotation und Adduktion und Retroversion im Schultergelenk; Innenrotation
Musculus latissimus dorsi	Processus spinosi der Brustwirbel 7 – 12 und der Lendenwirbel 1 – 5 über die Fascia thoracolumbalis, dorsaler Teil der Rippen 9 – 12, Crista iliaca	Crista tuberculi minoris und Boden des Sulcus intertubercularis des Humerus	Nervus thoracodorsalis C6, **C7**, C8	Adduktion, Innenrotation und Retroversion im Schultergelenk; Senken des elevierten Arms
Caput longum des Musculus triceps brachii	Tuberculum infraglenoidale der Scapula	Gemeinsamer Sehnenansatz mit dem Caput mediale und dem Caput laterale am Olecranon der Ulna	Nervus radialis C6, **C7**, C8	Streckung des Arms im Ellenbogengelenk, zusätzlich Adduktion und Retroversion des Arms im Schultergelenk

Der Musculus subscapularis wird aus Ästen des Plexus brachialis innerviert **(Nervus subscapularis)**, die in der Axilla entspringen.

Musculus teres major und Musculus latissimus dorsi

Der kaudolaterale Anteil der hinteren Axillarwand wird vom letzten Abschnitt des **Musculus teres major** und von der Sehne des **Musculus latissimus dorsi** gebildet (Abb. 7.44). Beide liegen unterhalb der hinteren Axillarfalte, die den Hinterrand der Axilla markiert.

Die flache Sehne des Musculus latissimus dorsi schlingt sich an der Hinterwand um den Unterrand des Musculus teres major, um dann am Boden des Sulcus intertubercularis und an der Crista tuberculi minoris ventral des Musculus teres major anzusetzen. Daher bildet der Unterrand des Musculus teres major die Untergrenze der lateralen Axilla.

Die Arteria axillaris wird nach Überkreuzung des Musculus teres major zur Arteria brachialis.

Caput longum des Musculus triceps brachii

Das Caput longum des Musculus triceps brachii verläuft vertikal an der Hinterwand der Axilla. Gemeinsam mit den umliegenden Muskeln und Knochen entstehen durch den Verlauf drei Öffnungen, durch die wichtige Strukturen durch die Hinterwand der Axilla treten (Abb. 7.44):

- die laterale Achsellücke
- die mediale Achsellücke
- der Trizepsschlitz.

Verbindungen zur Hinterwand

(Siehe auch „Verbindungen zur Regio scapularis posterior“ sowie Abb. 7.36 und 7.37.)

Laterale Achsellücke

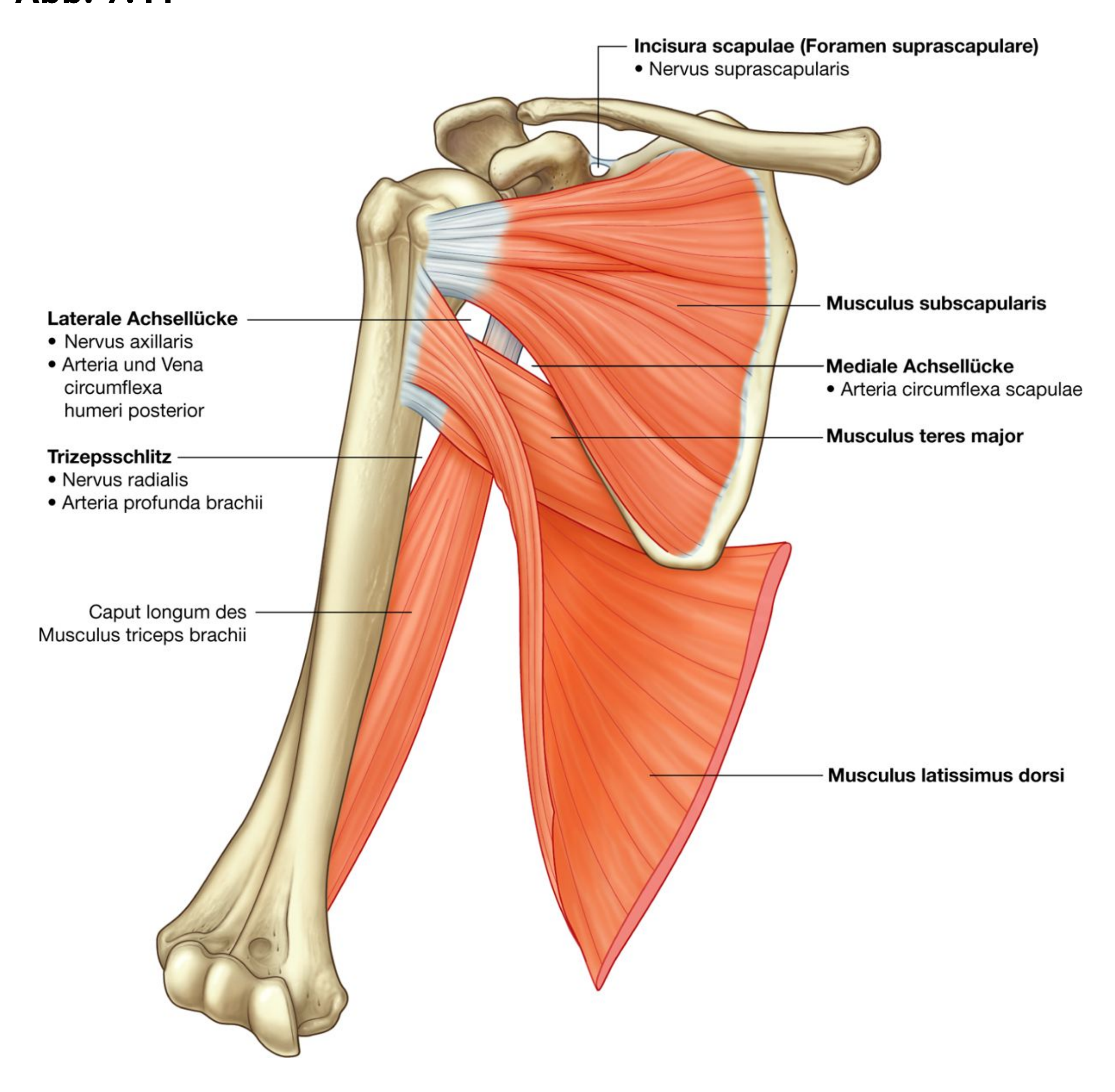
Die laterale Achsellücke bietet einen Durchgang für Nerven und Gefäße von der Axilla zu weiter dorsal liegenden Regionen (Regio scapularis posterior und Regio deltoidea; Abb. 7.44). In der Ansicht sind an der vorderen Begrenzung beteiligt:

- der Unterrand des Musculus subscapularis
- das Collum chirurgicum des Humerus
- der Oberrand des Musculus teres major
- der laterale Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii.

Der Nervus axillaris sowie die Arteria und Vena circumflexa humeri posterior treten durch die laterale Achsellücke.

671

Abb. 7.44



Hinterwand der Axilla.

Mediale Achsellücke

Die **mediale Achsellücke** bietet eine Verbindung zwischen der Axilla und der Regio scapularis posterior (Abb. 7.44). Von ventral wird die mediale Achsellücke gebildet durch:

- den medialen Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii
- den Oberrand des Musculus teres major
- den Unterrand des Musculus subscapularis.

Die Arteria und Vena circumflexa scapulae treten durch die Lücke hindurch.

Trizepsschlitz

Der Schlitz wird gebildet durch:

- den lateralen Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii
- den Humerusschaft
- den Unterrand des Musculus teres major (Abb. 7.44).

Der Nervus radialis verlässt die Axilla durch diese Lücke, um in die dorsale Muskelloge des Arms überzutreten.

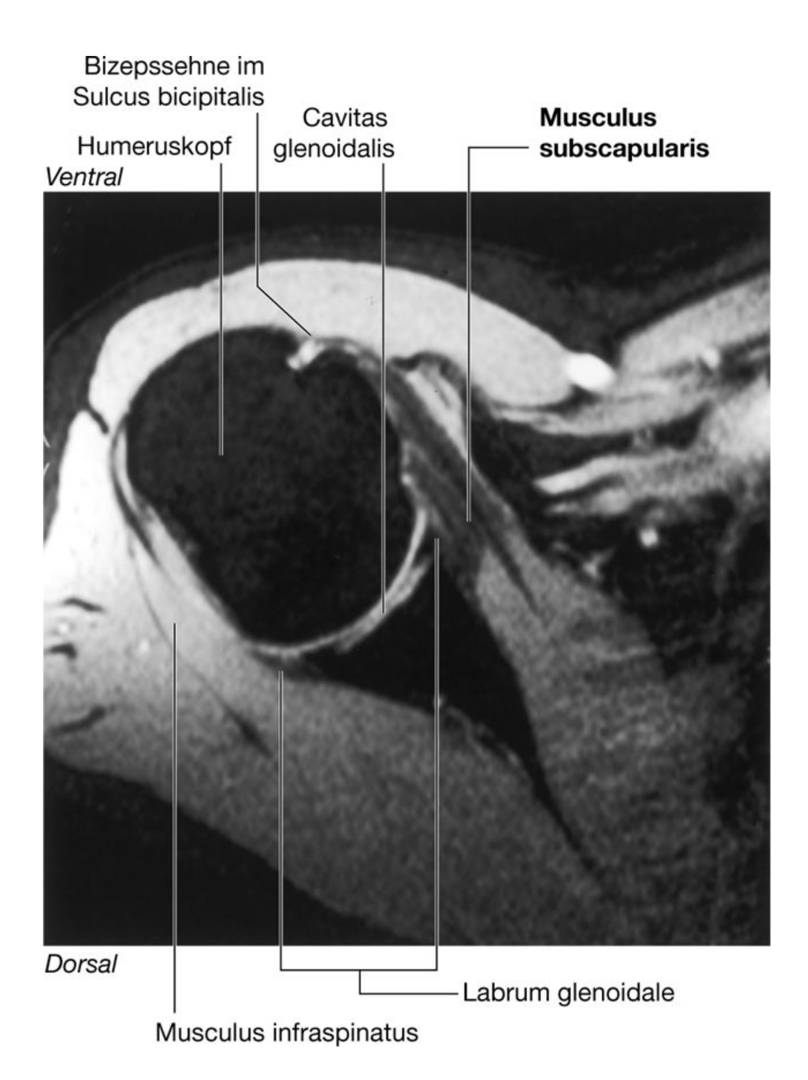
Boden der Axilla

Der Boden der Axilla wird von Faszie und Haut gebildet, die sich zwischen den Unterrändern der Wände der Axilla ausspannt (Abb. 7.46; siehe auch Abb. 7.39B). Er wird durch die

672

673

Abb. 7.45

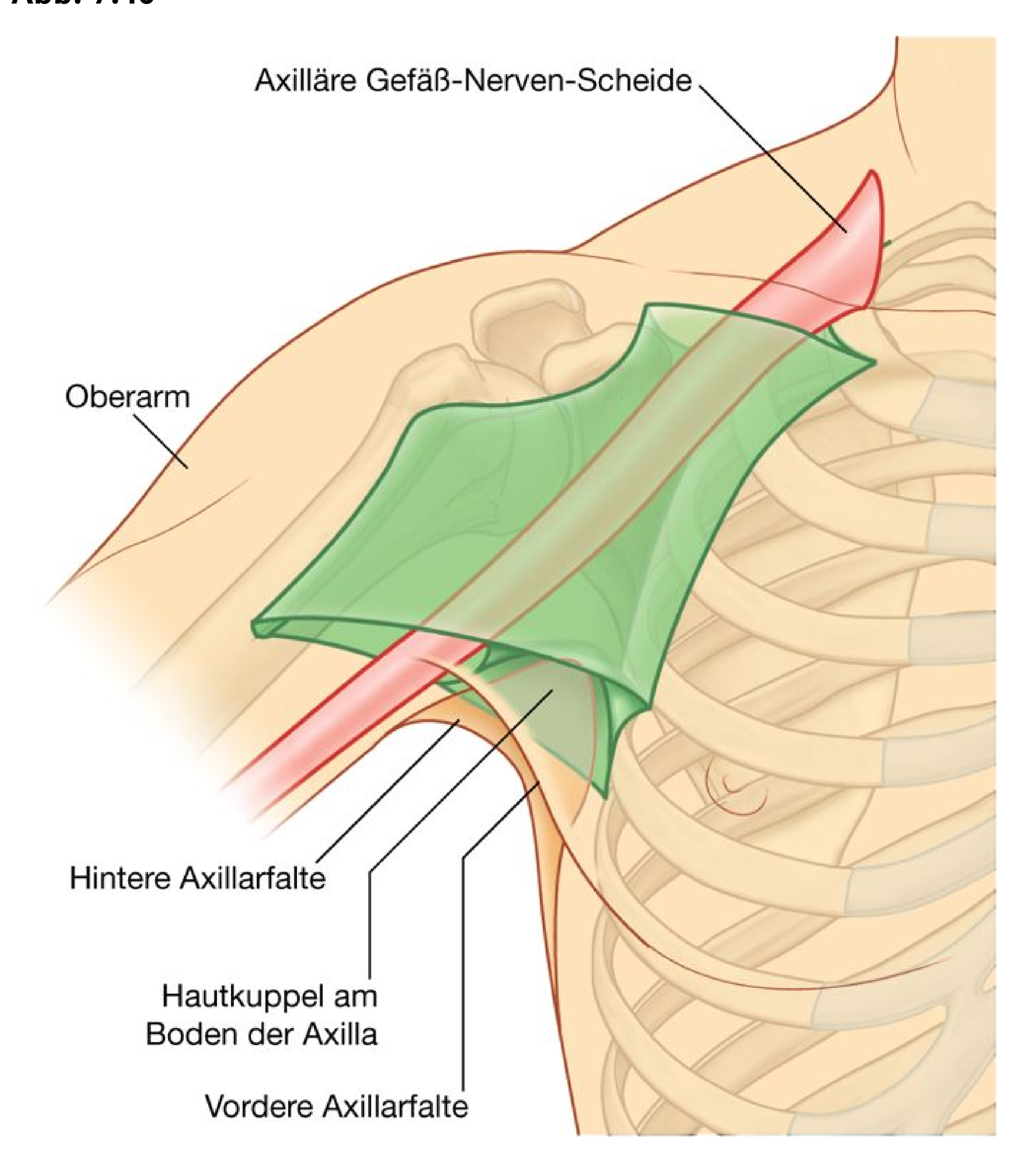


Magnetresonanztomographie (MRT) des Schultergelenks in der Transversal- und Horizontalebene.

Fascia clavipectoralis verstärkt. *Beim Patienten liegt die vordere Axillarfalte weiter oben als die hintere Axillarfalte*.

An der Stelle, an der sich die axilläre Vorderwand mit der Hinterwand verbindet, treten Strukturen in das ventrale Kompartiment des Oberarms über oder ziehen vom ventralen Oberarmkompartiment in und durch die Axilla.

Abb. 7.46



Boden der Axilla.

Inhalt

Durch die Axilla verlaufen die wichtigen Gefäße, Nerven und Lymphbahnen der oberen Extremität. Außerdem enthält die Axilla die proximalen Anteile von zwei Armmuskeln, den Processus axillaris der Mamma sowie Lymphknoten, die die obere Extremität und die Brustwand drainieren.

Die proximalen Anteile der Musculi biceps brachii und coracobrachialis verlaufen durch die Axilla (Tab. 7.6).

Tab. 7.6 Muskeln, von denen Anteile durch die Axilla verlaufen (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation der Muskeln)

Muskel	Urspung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus biceps brachii	Caput longum – Tuberculum supraglenoidale der Scapula; Caput breve – Processus coracoideus scapulae	Tuberositas radii	Nervus musculocutaneus C5, **C6**	Starker Beuger im Ellenbogengelenk (in Supinationsstellung); Supination des Unterarms (bei gebeugtem Ellenbogengelenk); Anteversion, Innenrotation und Abduktion im Schultergelenk (Caput longum); Adduktion im Schultergelenk (Caput breve)
Musculus coracobrachialis	Processus coracoideus scapulae	Facies anteromedialis am Humerusschaft	Nervus musculocutaneus C5, **C6**, C7	Anteversion und Adduktion im Schultergelenk; Haltemuskel des Arms

673

674

Musculus biceps brachii

Der **Musculus biceps brachii** entspringt mit zwei Köpfen (Abb. 7.47):

- Das Caput breve entspringt an der Spitze des Processus coracoideus der Scapula und verläuft vertikal durch die Axilla in den Arm; hier verbindet es sich mit dem langen Bizepskopf.
- Das Caput longum entspringt als Sehne vom Tuberculum supraglenoidale der Scapula, zieht über den Humeruskopf innerhalb der Gelenkkapsel des Schultergelenks und verläuft dann im Sulcus intertubercularis. Eine Dislokation der Sehne wird durch das

Ligamentum transversum humeri verhindert, das zwischen Tuberculum majus und Tuberculum minus verläuft; die Sehne läuft durch die Axilla in den Sulcus intertubercularis und bildet einen Muskelbauch am proximalen Oberarm.

Der lange und der kurze Bizepskopf verbinden sich am distalen Oberarm und inserieren mit einer gemeinsamen Sehne an der Tuberositas radii des Unterarms.

Der Musculus biceps brachii ist ein starker Beuger des Unterarms im Ellenbogengelenk und ein kräftiger Supinator des Unterarms bei gebeugtem Ellenbogengelenk. Weil beide Köpfe ihren Ursprung an der Scapula haben, wirkt der Muskel zusätzlich als Beuger des Arms im Schultergelenk. Außerdem verhindert der lange Bizepskopf ein Hochrutschen des Humeruskopfes in der Cavitas glenoidalis. Weitere Funktionen sind eine Anteversion, Innenrotation und Abduktion im Schultergelenk (Caput longum) sowie eine Adduktion im Schultergelenk (Caput breve).

Der Musculus biceps brachii wird vom Nervus musculocutaneus innerviert.



Abb. 7.47

Inhalt der Axilla: Muskeln.

674

Musculus coracobrachialis

Der Musculus coracobrachialis entspringt gemeinsam mit dem kurzen Bizepskopf von der Spitze des Processus coracoideus (Abb. 7.47). Er verläuft vertikal durch die Axilla, um an einer schmalen, rauen Stelle des medialen Humerusschafts, der Facies anteromedialis, zu inserieren.

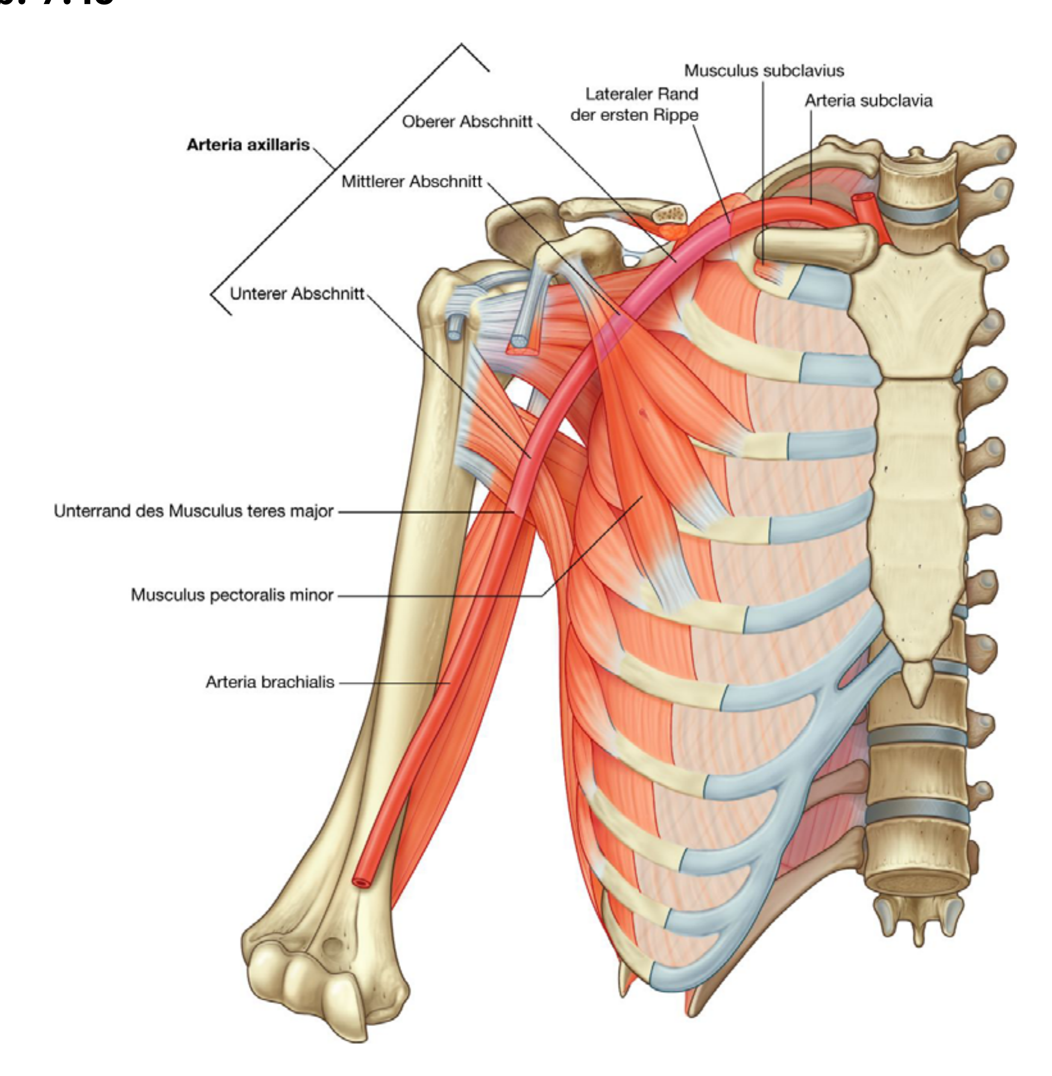
Der Musculus coracobrachialis antevertiert und adduziert den Arm im Schultergelenk.

In der Axilla tritt der Nervus musculocutaneus in die mediale Fläche des Muskels ein, innerviert ihn und zieht dann durch ihn hindurch zu den Musculi biceps brachii und brachialis.

Arteria axillaris

Die Arteria axillaris versorgt die Wände der Axilla sowie die angrenzenden Regionen und zieht anschließend als Hauptarterie zu den distal gelegenen Armgebieten weiter, um sie zu versorgen (Abb. 7.48).

Abb. 7.48



Inhalt der Axilla: die Arteria axillaris.

Die Arteria subclavia des Halses wird am lateralen Rand der 1. Rippe zur Arteria axillaris. Diese verläuft durch die Axilla und wird am Unterrand des Musculus teres major zur Arteria brachialis.

675
676

Die Arteria axillaris wird durch den Musculus pectoralis minor, der ventral von ihr verläuft, in drei Abschnitte geteilt (Abb. 7.48):

- Der obere Abschnitt liegt proximal des Musculus pectoralis minor.
- Der mittlere Abschnitt liegt hinter dem Musculus pectoralis minor.
- Der untere Abschnitt verläuft distal des Musculus pectoralis minor.

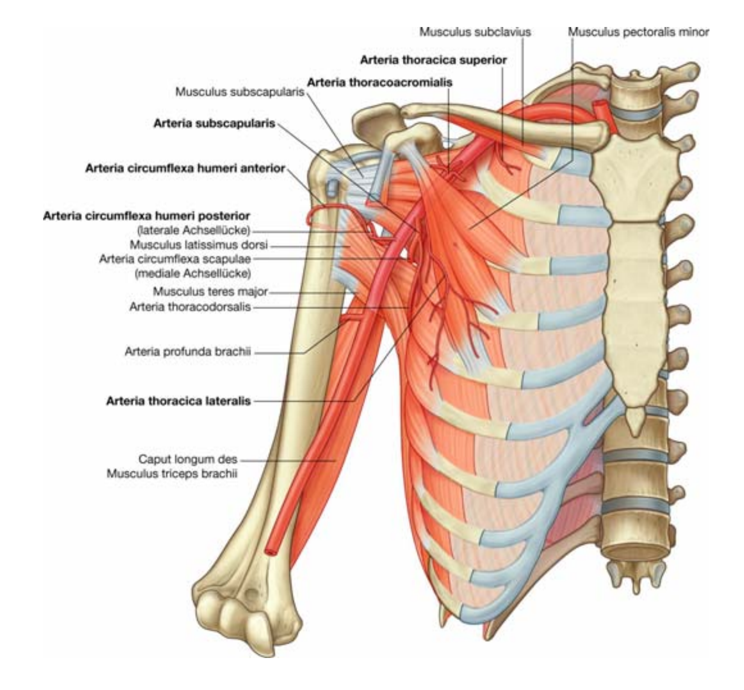
Die Arteria axillaris hat sechs Äste:

- Als erster Ast entspringt die **Arteria thoracia superior** im oberen Abschnitt.
- Die **Arteria thoracoacromialis** und die **Arteria thoracica lateralis** entspringen im mittleren Abschnitt.
- Im unteren Abschnitt gehen die **Arteriae subscapularis, circumflexa humeri anterior** und **circumflexa humeri posterior** aus der Arteria axillaris hervor (Abb. 7.49).

Arteria thoracica superior

Die Arteria thoracica superior ist klein und entspringt auf der Vorderseite des oberen Abschnitts der Arteria axillaris (Abb. 7.49). Sie versorgt die oberen Regionen der medialen und vorderen Wand der Axilla.

Abb. 7.49



Äste der Arteria axillaris.

Arteria thoracoacromialis

Die Arteria thoracoacromialis ist kurz und entspringt aus dem vorderen Anteil des mittleren Abschnitts der Arteria axillaris direkt hinter dem medialen Rand des Musculus pectoralis minor (Abb. 7.49). Sie läuft um den Rand des Muskels und tritt durch die Fascia clavipectoralis, um sich anschließend direkt in vier Endäste (Rami pectoralis, deltoideus, clavicularis und acromialis) aufzuteilen, die die Vorderwand der Axilla und die angrenzenden Gebiete versorgen.

Daneben trägt der Ramus pectoralis zur Versorgung der Mamma bei. Der Ramus deltoideus zieht in das Trigonum clavi(deltoideo)pectorale (Mohrenheim-Grube). Hier verläuft er gemeinsam mit der Vena cephalica und versorgt die umliegenden Strukturen (Abb. 7.40).

Arteria thoracica lateralis

Die Arteria thoracica lateralis entspringt von der Vorderseite des mittleren Abschnitts der Arteria axillaris hinter dem lateralen Rand des Musculus pectoralis minor (Abb. 7.49). Sie folgt dem Muskel zur Thoraxwand und versorgt die mediale und vordere Wand der Axilla. Bei Frauen versorgen Endäste der Arterie Anteile der Mamma (Rami mammarii laterales).

Arteria subscapularis

Die Arteria subscapularis ist der größte Ast der Arteria axillaris und dient als Hauptblutversorgung für die Hinterwand der Axilla (Abb. 7.49). Außerdem trägt die Arterie zur Blutversorgung der hinteren Scapularegion bei.

Die Arteria subscapularis entspringt aus der Hinterfläche des unteren Abschnitts der Arteria axillaris, verläuft am Unterrand des Musculus subscapularis und teilt sich anschließend in zwei Endäste auf, die **Arteria circumflexa scapulae** und die **Arteria thoracodorsalis:**

- Die Arteria circumflexa scapulae tritt durch die mediale Achsellücke zwischen dem Musculus subscapularis, Musculus teres major und dem Caput longum des Musculus triceps brachii. Anschließend verläuft sie unterhalb des Musculus teres minor oder durch diesen und gelangt in die Fossa infraspinata. Sie bildet Anastomosen mit der Arteria suprascapularis und dem **tiefen Ast (Arteria dorsalis scapulae)** der Arteria transversa colli (cervicis) und trägt so zum Anastomosennetzwerk der Scapula (Schulterblattarkade) bei.
- Die Arteria thoracodorsalis läuft entlang dem Margo lateralis der Scapula bis zum Angulus inferior. Sie trägt zur Blutversorgung der hinteren und medialen Wand der Axilla bei.

Arteria circumflexa humeri anterior

Die Arteria circumflexa humeri anterior ist im Vergleich zur Arteria circumflexa humeri posterior relativ kleinlumig. Sie entspringt an der lateralen Seite des unteren Abschnitts der

Arteria axillaris (Abb. 7.49), verläuft ventral des Collum chirurgicum des Humerus und anastomosiert mit der Arteria circumflexa humeri posterior.

Die Arteria circumflexa humeri anterior besitzt Äste, die das umgebende Gewebe einschließlich des Schultergelenks und des Humeruskopfes versorgen.

Arteria circumflexa humeri posterior

Die Arteria circumflexa humeri posterior entspringt an der lateralen Oberfläche des unteren Abschnitts der Arteria axillaris unmittelbar hinter dem Ursprung der Arteria circumflexa humeri anterior (Abb. 7.49). Gemeinsam mit dem Nervus axillaris verlässt sie die Axilla durch die laterale Achsellücke zwischen dem Musculus teres major, dem Musculus teres minor, dem langen Kopf des Musculus triceps brachii und dem Collum chirurgicum des Humerus.

Die Arteria circumflexa humeri posterior windet sich um das Collum chirurgicum und versorgt die umliegenden Muskeln und das Schultergelenk mit Blut. Sie ananstomosiert mit der Arteria circumflexa humeri anterior und mit Ästen der Arteriae profunda brachii, suprascapularis und thoracoacromialis.

Vena axillaris

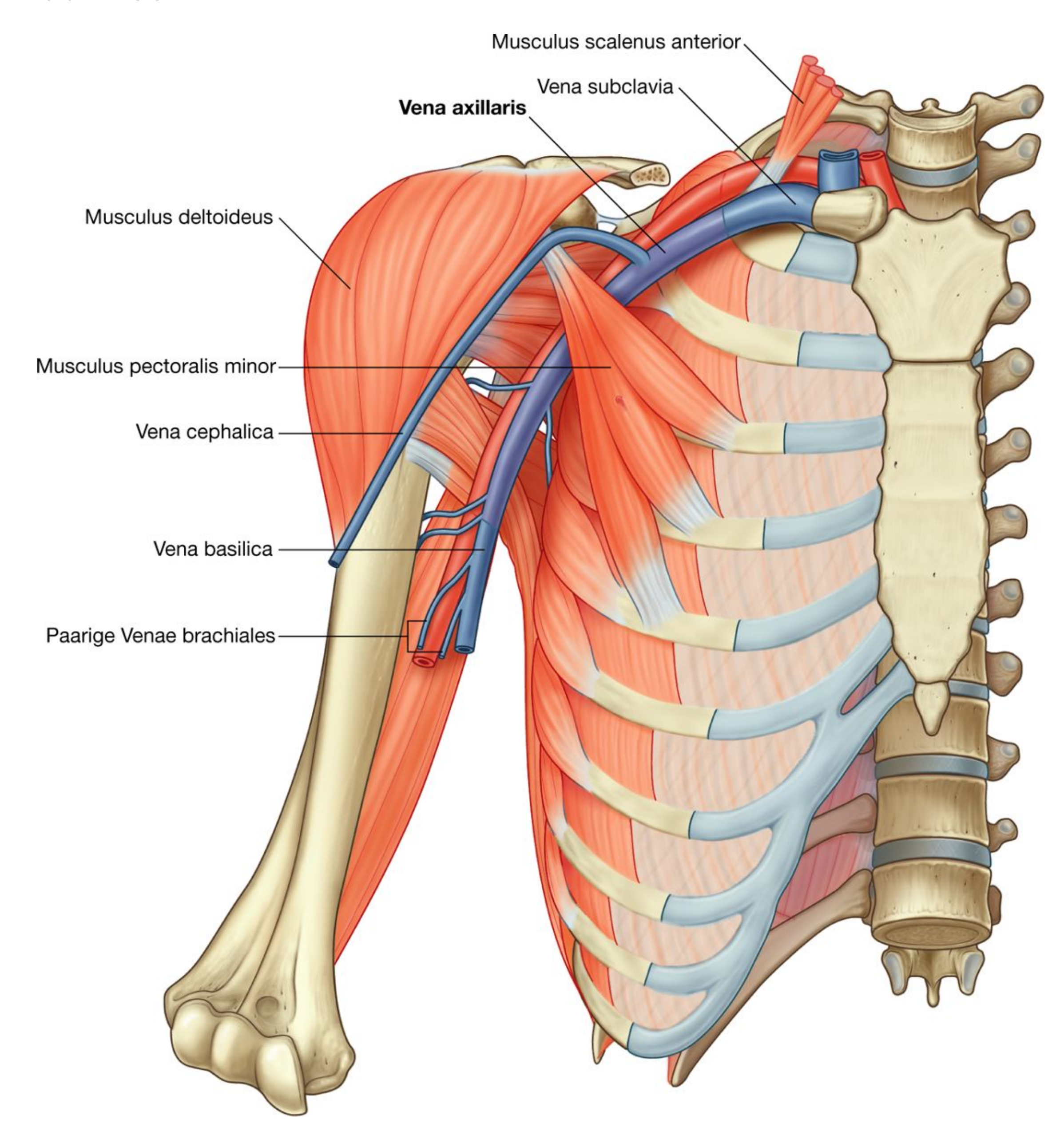
Die Vena axillaris beginnt am Unterrand des Musculus teres major und ist die Fortsetzung der Vena basilica (Abb. 7.50), der sukutanen Vene, die die posteromediale Hand sowie den Unterarm drainiert und etwa in der Mitte des Oberarms am Hiatus basilicus durch die Fascia brachialis in die Tiefe tritt.

Die Vena axillaris verläuft medial und ventral der Arteria axillaris durch die Axilla und wird etwa auf Höhe der 1. Rippe zur Vena subclavia. Zuflüsse der Vena axillaris verlaufen in der Regel mit den Ästen der Arteria axillaris. Weitere Zuflüsse sind die Venen des Arms, die mit der Arteria brachialis verlaufen, und die Vena cephalica.

Die Vena cephalica ist eine oberflächliche Vene, die die seitlichen und dorsalen Abschnitte der Hand, des Unterarms und des Oberarms drainiert. Im Bereich der Schulter verläuft die Vena cephalica zwischen Musculus pectoralis major und Musculus deltoideus auf die Clavicula zu und erreicht unmittelbar vor der Clavicula das Trigonum clavi(deltoideo)pectorale (Mohrenheim-Grube) zwischen dem Musculus deltoideus, dem Musculus pectoralis major und der Clavicula. Am Oberrand der Grube tritt die Vena cephalica unter die Pars clavicularis des Musculus pectoralis major und durchdringt die Fascia clavipectoralis, um in die Vena axillaris zu münden. *Viele schwer kranke Patienten, die Blut oder Flüssigkeit verloren haben, benötigen einen peripheren venösen Zugang, um den Verlust zu kompensieren. Die typischen Lokalisationen zum Legen eines peripheren Zugangs sind die Vena cephalica nahe der Tabatière oder die oberflächlichen Hautvenen der Ellenbeuge (z.B. die Vena mediana cubiti).*

677

Abb. 7.50



Vena axillaris.

Klinik

Darstellung der Blutversorgung der oberen Extremität

Bei klinischem Hinweis auf eine Einengung der Gefäße der oberen Extremität und bei der Suche nach Gefäßen zur Anlage einer arteriovenösen Fistel (z.B. für eine Nierendialyse) ist eine Gefäßdarstellung erforderlich.

Mittels Dopplersonographie lassen sich die Gefäße der oberen Extremität vom unteren Anteil der Arteria subclavia bis zu den tiefen und oberflächlichen Arterien der Hohlhand

nichtinvasiv darstellen. Dadurch können der Blutfluss quantifiziert und anatomische Varianten erkannt werden.

In bestimmten Fällen erfolgt eine Angiographie. Dafür wird die Arteria femoralis unterhalb des Ligamentum inguinale punktiert, und ein Katheter wird durch die Arteria iliaca und den Aortenbogen geschoben, um dann entweder in die linke Arteria subclavia oder den Truncus brachiocephalicus und damit zur rechten Arteria subclavia zu gelangen. Anschließend werden ein Kontrastmittel injiziert und zeitversetzt Röntgenbilder angefertigt, während das Kontrastmittel durch die Arterien, dann die Kapillaren und am Ende durch die Venen fließt.

678

679

Klinik

Verletzung der Arterien der oberen Extremität

Die arterielle Versorgung der oberen Extremität ist besonders an den Stellen durch Verletzungen gefährdet, an denen die Arterien relativ fixiert sind oder subkutan liegen.

Fraktur der 1. Rippe

An der Stelle, an der die Arteria subclavia den Hals verlässt und in die Axilla tritt, ist sie durch die umliegenden Muskeln auf der Oberfläche der 1. Rippe fixiert. Eine schnelle Dezelerationsverletzung mit Beteiligung des oberen Brustkorbs kann zu einer Fraktur der 1. Rippe mit konsekutiver Einengung des distalen Abschnitts der Arteria subclavia oder des oberen Anteils der Arteria axillaris führen. Glücklicherweise bestehen zwischen den Ästen der Arteria subclavia und der Arteria axillaris Anastomosen, die ein Gefäßnetzwerk um die Scapula (Schulterblattarkade) und den proximalen Humerus bilden. Daher kommt es selbst bei kompletter Durchtrennung des Gefäßes nur sehr selten zur kompletten Ischämie des Arms. (Unter einer Ischämie versteht man die eingeschränkte Blutversorgung eines Organs oder einer Extremität.)

Vordere Schulterluxation

Eine ventrale Luxation des Humeruskopfes kann zur Kompression der Arteria axillaris und somit zum Gefäßverschluss führen. Es ist unwahrscheinlich, dass daraus eine komplette Ischämie der oberen Extremität entsteht. Allerdings kann es notwendig werden, die Arteria axillaris operativ zu rekonstruieren, um eine schmerzfreie Funktion der oberen Extremität zu gewährleisten. Die Arteria axillaris liegt in sehr enger Beziehung zum Plexus brachialis, der ebenfalls bei einer vorderen Schulterluxation verletzt werden kann.

Plexus brachialis

Der Plexus brachialis ist ein somatischer Plexus, der aus den **Rami ventrales** der Spinalnerven C5 bis C8 sowie dem Großteil von Th1 gebildet wird (Abb. 7.51). Er entspringt am Hals, verläuft nach lateral und kaudal über die 1. Rippe und tritt in die Axilla ein.

Die Anteile des Plexus brachialis sind von medial nach lateral die Wurzeln, die Trunci, die Divisiones und die Fasciculi. Alle großen Nerven der oberen Extremität gehen aus dem Plexus brachialis hervor, überwiegend aus den Fasciculi. Die proximalen Anteile des Plexus

brachialis liegen hinter der Arteria subclavia am Hals; die distalen Anteile des Plexus verlaufen um die Arteria axillaris.

Wurzeln

Die Wurzeln des Plexus brachialis sind die Rami ventrales von C5 bis C8 sowie ein Großteil von Th1. Nahe an ihrem Ursprung legen sich den Wurzeln **Rami communicantes grisei** an, die vom Grenzstrang (Truncus sympathicus) kommen (Abb. 7.51). Sie führen postganglionäre sympathische Fasern zu den Wurzeln, um diese mit den Nerven des Plexus brachialis in der Peripherie zu verteilen. Die Wurzeln und Trunci treten in das **laterale Halsdreieck** ein, indem sie zwischen den Musculi scaleni anterior und medius hindurchlaufen und dorsokranial von der Arteria subclavia zu liegen kommen.

Trunci

Die drei Trunci des Plexus brachialis gehen aus den Wurzeln (Rami anteriores) hervor, verlaufen lateral über die 1. Rippe und treten in die Axilla ein (Abb. 7.51):

- Der Truncus superior wird durch die Vereinigung der Wurzeln aus C5 und C6 gebildet.
- Der Truncus medius ist eine Fortsetzung der Wurzel aus C7.
- Der Truncus inferior wird durch die Vereinigung der Wurzeln aus C8 und Th1 gebildet.

Der Truncus inferior liegt auf der 1. Rippe dorsal von der Arteria subclavia. Die Trunci superior und medius liegen oberhalb davon.

Divisiones

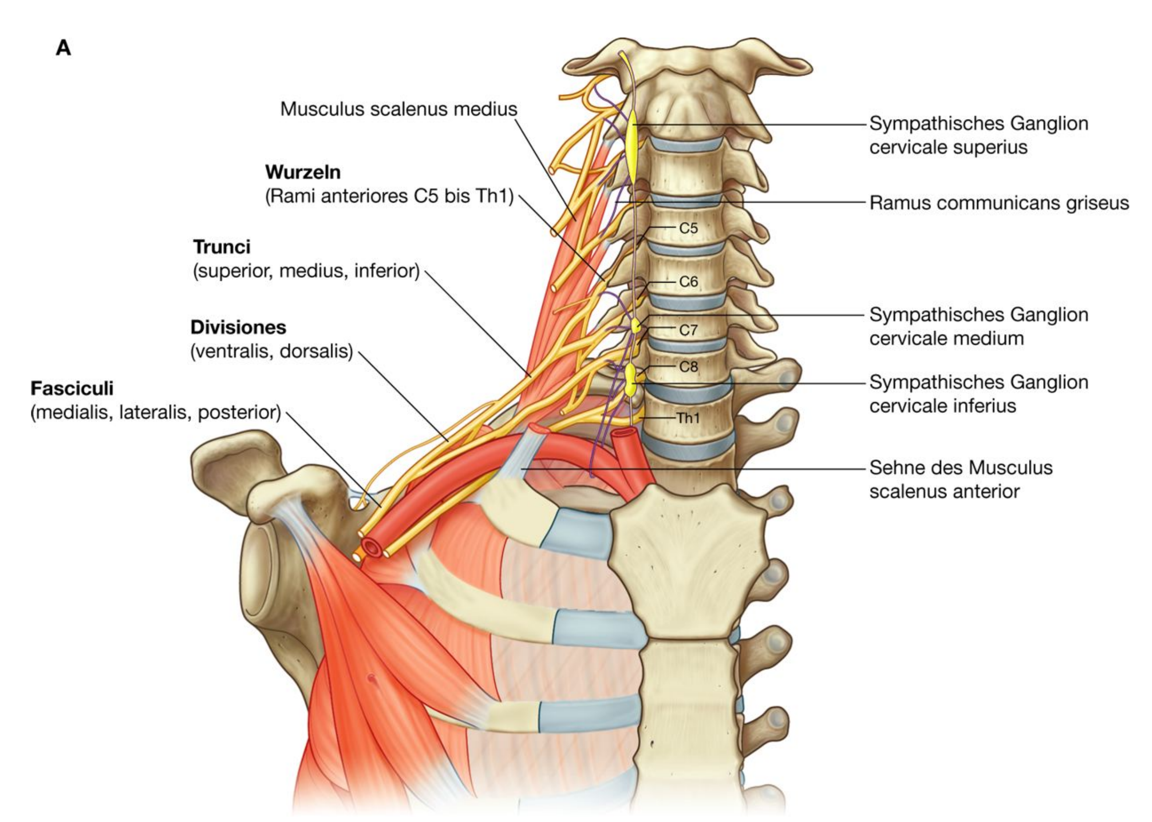
Jeder der drei Trunci des Plexus brachialis teilt sich in einen **ventralen** und einen **dorsalen Abschnitt** (**Divisiones ventrales und dorsales;**Abb. 7.51):

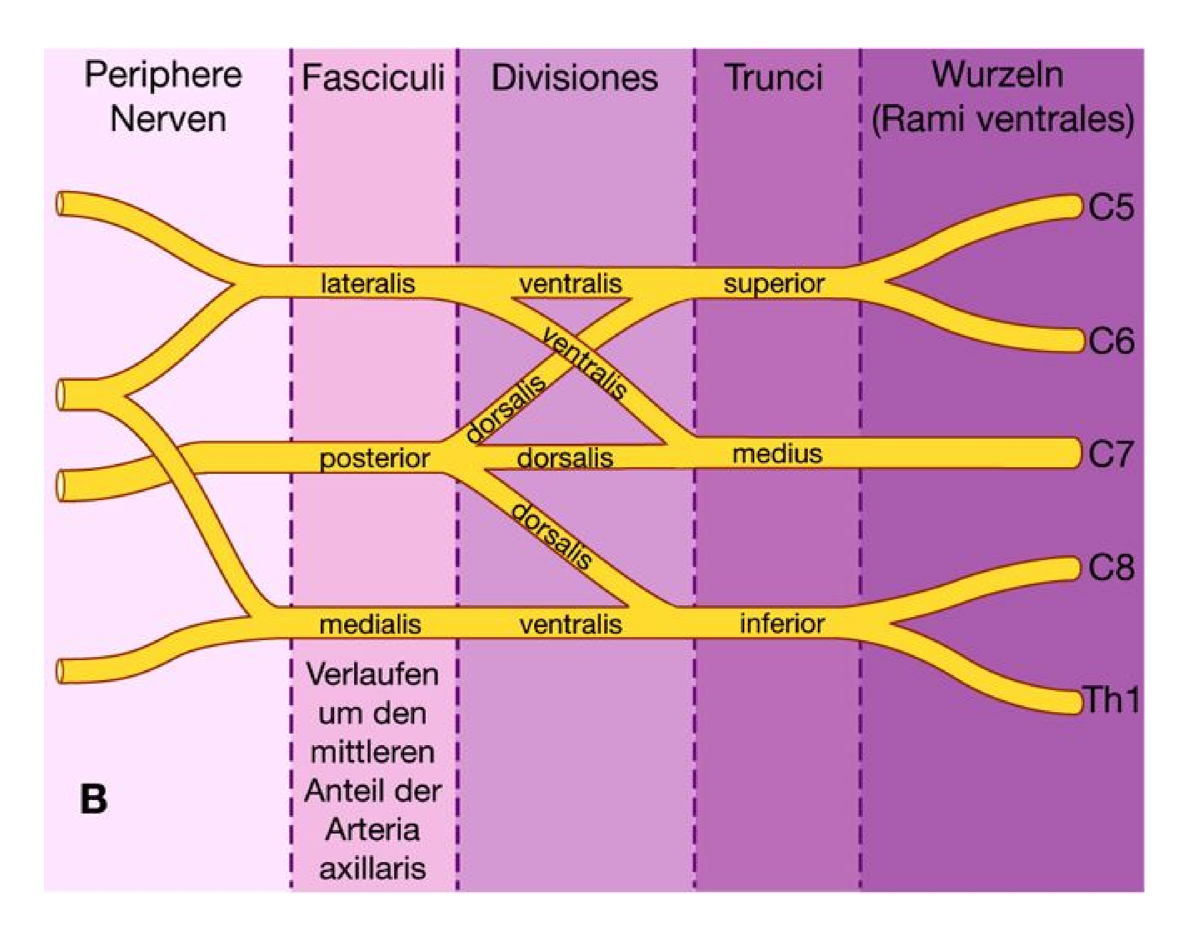
- Die drei ventralen Divisionen bilden den Teil des Plexus brachialis, aus dem ausschließlich die peripheren Nerven hervorgehen, die mit den ventralen Muskelkompartimenten von Ober- und Unterarm assoziiert sind.
- Die drei dorsalen Divisionen verbinden sich miteinander. Aus ihnen gehen die Teile des Plexus brachialis hervor, aus denen die Nerven der dorsalen Muskelkompartiments werden.

679









Plexus brachialis. **A**. Hauptkomponenten an Hals und Axilla. Plexus brachialis. **B**. Schematische Darstellung des Plexus brachialis.

Keiner der peripheren Nerven entspringt direkt aus den Divisionen des Plexus brachialis.

Fasciculi

Die drei Fasciculi des Plexus brachialis entspringen aus den Divisionen und verlaufen in Nachbarschaft des mittleren Anteils der Arteria axillaris (Abb. 7.51).

- Der **Fasciculus lateralis** geht aus der Verbindung der ventralen Divisionen des Truncus superior und medius hervor und enthält daher Fasern aus C5 bis C7. Er liegt lateral des mittleren Anteils der Arteria axillaris.
- Der **Fasciculus medialis** liegt medial des mittleren Anteils der Arteria axillaris und ist eine Fortsetzung der Divisio ventralis des Truncus inferior; er führt Fasern der Wurzeln C8 und Th1.
- Der **Fasciculus posterior** erscheint dorsal des mittleren Anteils der Arteria axillaris und entspringt aus der Vereinigung aller drei Divisiones dorsales. Er führt Fasern aller Wurzeln des Plexus brachialis (C5–Th1).

Die meisten Hauptnerven der oberen Extremität entspringen aus den Fasciculi des Plexus brachialis. Grundsätzlich gehen die Nerven, die mit dem ventralen Kompartiment der oberen Extremität assoziiert sind, aus den Fasciculi medialis und lateralis hervor. Nerven, die mit dem dorsalen Kompartiment der oberen Extremität assoziiert sind, entspringen dem Fasciculus posterior.

680

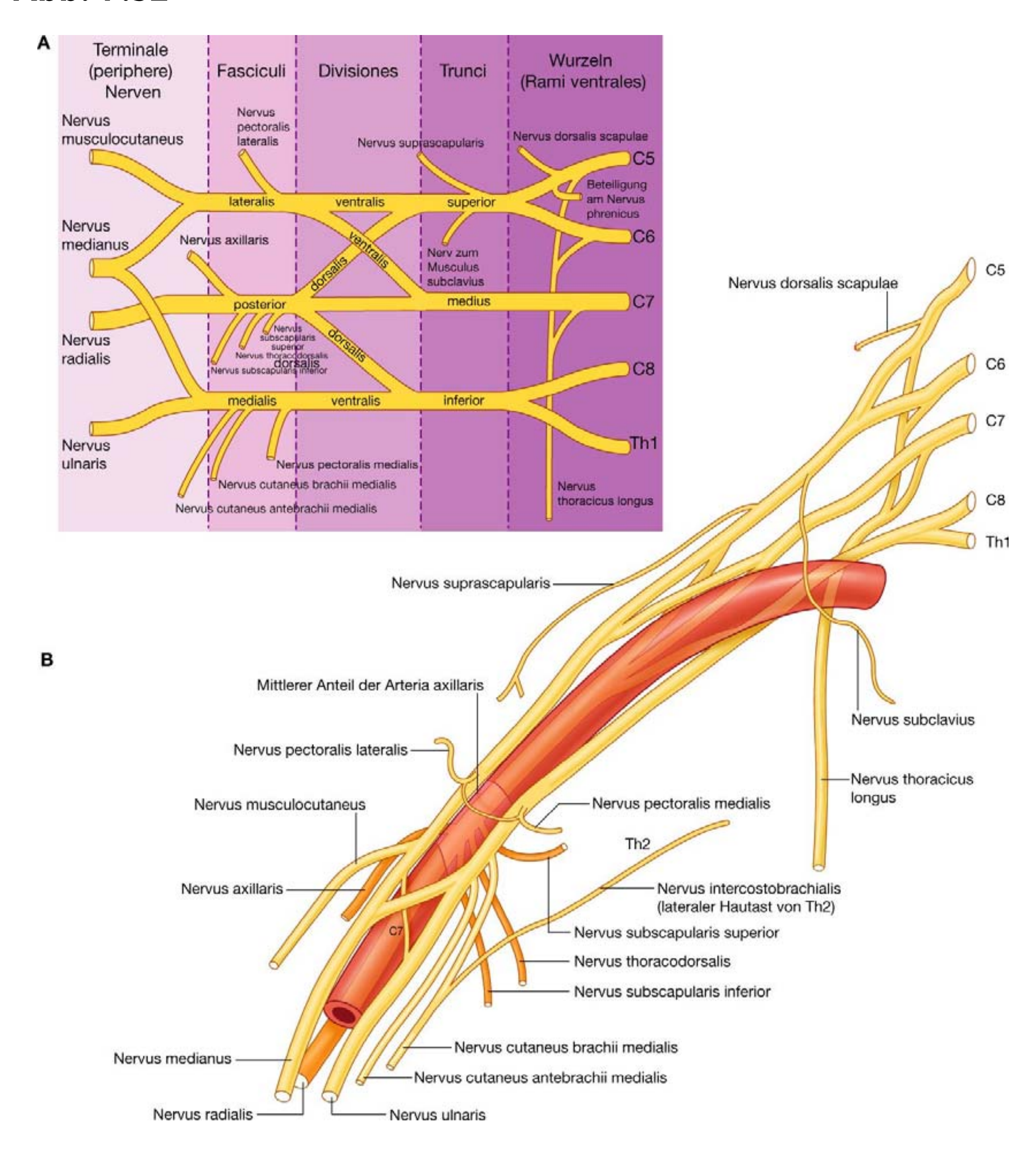
681

Äste (Tab. 7.7)

Äste der Wurzeln

Außer den kleinen segmentalen Ästen aus C5 bis C8 zu den Muskeln des Halses und dem Anteil aus C5 zum Nervus phrenicus gehen aus den Wurzeln des Plexus brachialis die Nervi dorsalis scapulae und thoracicus longus hervor (Abb. 7.52).

Abb. 7.52



Plexus brachialis. **A**. Schematische Darstellung der Äste des Plexus brachialis. **B**. Beziehungen zur Arteria axillaris.

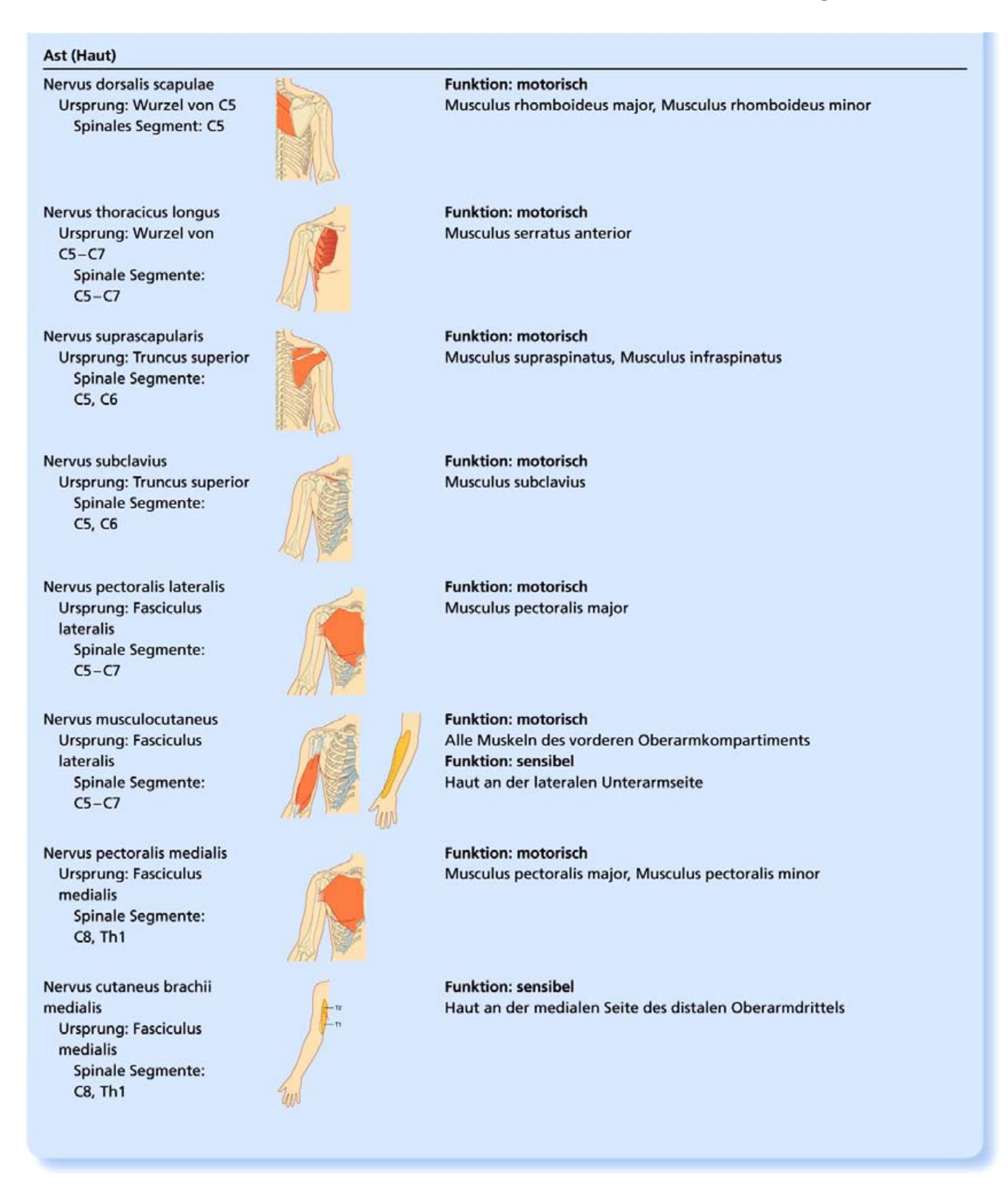
Der **Nervus dorsalis scapulae**

- entspringt aus der Wurzel C5 des Plexus brachialis
- verläuft hinter, häufig auch durch den Musculus scalenus medius in den Hals, um anschließend entlang dem medialen Rand der Scapula nach kaudal zu treten (Abb. 7.53)
- innerviert die Musculi rhomboideus major und minor von deren Unterfläche.

681

682

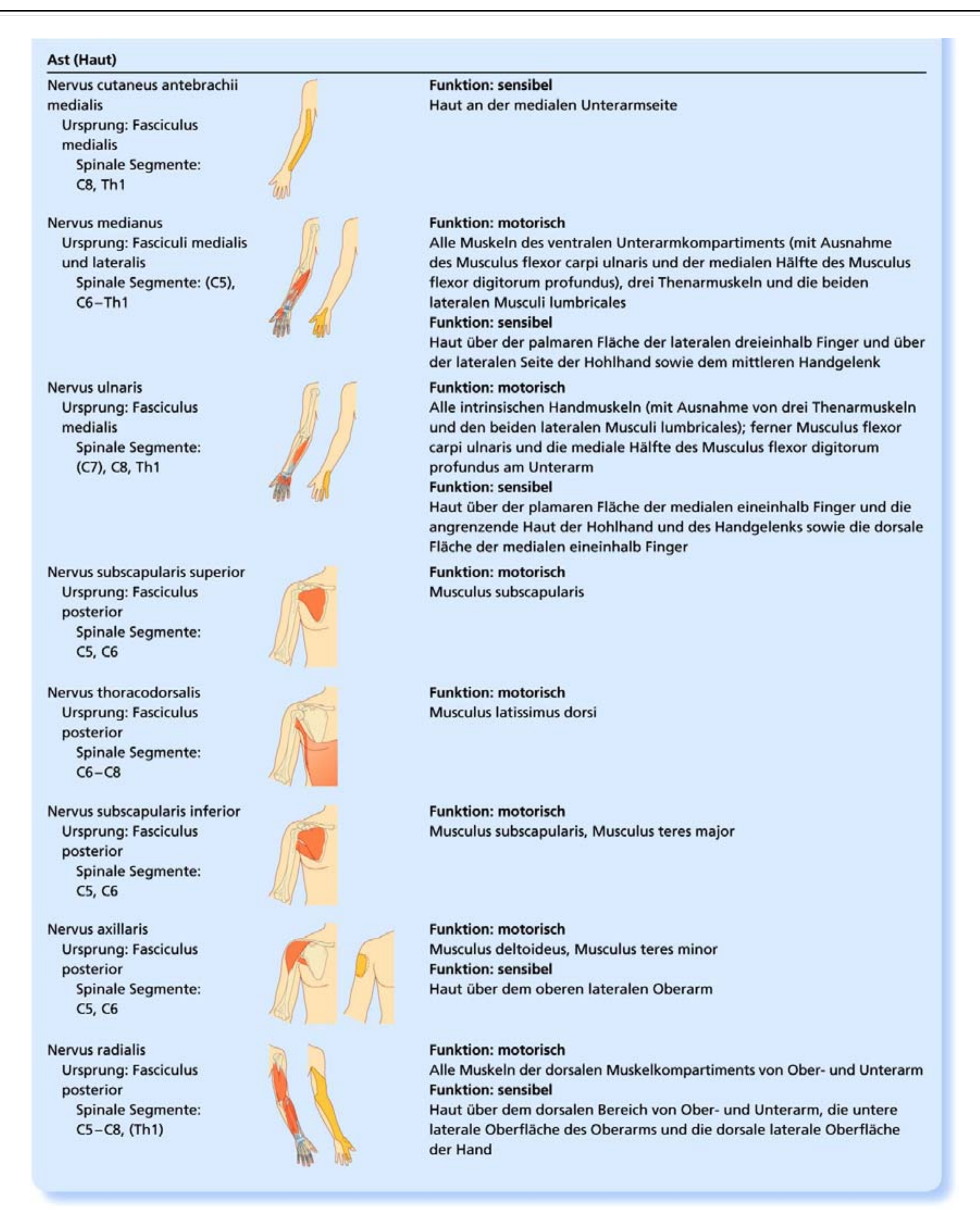
Tab. 7.7 Äste des Plexus brachialis (Klammern zeigen an, dass ein spinales Segment nur minimale Anteile zu einem Nerv beisteuert oder nur inkonstant beteiligt ist)



Ast (Haut)	
Nervus dorsalis scapulae Ursprung: Wurzel von C5 Spinales Segment: C5	**Funktion: motorisch** Musculus rhomboideus major, Musculus rhomboideus minor
Nervus thoracicus longus Ursprung: Wurzel von C5–C7 Spinale Segmente: C5–C7	**Funktion: motorisch** Musculus serratus anterior
Nervus suprascapularis Ursprung: Truncus superior Spinale Segmente: C5, C6	**Funktion: motorisch** Musculus supraspinatus, Musculus infraspinatus
Nervus subclavius Ursprung: Truncus superior Spinale Segmente: C5, C6	**Funktion: motorisch** Musculus subclavius
Nervus pectoralis lateralis Ursprung: Fasciculus lateralis Spinale Segmente: C5–C7	**Funktion: motorisch** Musculus pectoralis major
Nervus musculocutaneus Ursprung: Fasciculus lateralis Spinale Segmente: C5–C7	**Funktion: motorisch** Alle Muskeln des vorderen Oberarmkompartiments **Funktion: sensibel** Haut an der lateralen Unterarmseite
Nervus pectoralis medialis Ursprung: Fasciculus medialis Spinale Segmente: C8, Th1	**Funktion: motorisch** Musculus pectoralis major, Musculus pectoralis minor
Nervus cutaneus brachii medialis Ursprung: Fasciculus medialis Spinale Segmente: C8, Th1	**Funktion: sensibel** Haut an der medialen Seite des distalen Oberarmdrittels

682

683



Ast (Haut)	
Nervus cutaneus antebrachii medialis Ursprung: Fasciculus medialis Spinale Segmente: C8, Th1	**Funktion: sensibel** Haut an der medialen Unterarmseite
Nervus medianus Ursprung: Fasciculi medialis und lateralis Spinale Segmente: (C5), C6–Th1	**Funktion: motorisch** Alle Muskeln des ventralen Unterarmkompartiments (mit Ausnahme des Musculus flexor carpi ulnaris und der medialen Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus), drei Thenarmuskeln und die beiden lateralen Musculi lumbricales **Funktion: sensibel** Haut über der palmaren Fläche der lateralen dreieinhalb Finger und über der lateralen Seite der Hohlhand sowie dem mittleren Handgelenk
Nervus ulnaris Ursprung: Fasciculus medialis Spinale Segmente: (C7), C8, Th1	**Funktion: motorisch** Alle intrinsischen Handmuskeln (mit Ausnahme von drei Thenarmuskeln und den beiden lateralen Musculi lumbricales); ferner Musculus flexor carpi ulnaris und die mediale Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus am Unterarm **Funktion: sensibel** Haut über der plamaren Fläche der medialen eineinhalb Finger und die angrenzende Haut der Hohlhand und des Handgelenks sowie die dorsale Fläche der medialen eineinhalb Finger
Nervus subscapularis superior Ursprung: Fasciculus posterior Spinale Segmente: C5, C6	**Funktion: motorisch** Musculus subscapularis
Nervus thoracodorsalis Ursprung: Fasciculus posterior Spinale Segmente: C6–C8	**Funktion: motorisch** Musculus latissimus dorsi
Nervus subscapularis inferior Ursprung: Fasciculus posterior Spinale Segmente: C5, C6	**Funktion: motorisch** Musculus subscapularis, Musculus teres major
Nervus axillaris Ursprung: Fasciculus posterior Spinale Segmente: C5, C6	**Funktion: motorisch** Musculus deltoideus, Musculus teres minor **Funktion: sensibel** Haut über dem oberen lateralen Oberarm
Nervus radialis Ursprung: Fasciculus posterior Spinale Segmente: C5–C8, (Th1)	**Funktion: motorisch** Alle Muskeln der dorsalen Muskelkompartiments von Ober- und Unterarm **Funktion: sensibel** Haut über dem dorsalen Bereich von Ober- und Unterarm, die untere laterale Oberfläche des Oberarms und die dorsale laterale Oberfläche der Hand

683

684

Der **Nervus thoracicus longus**

- entspringt von den Rami anteriores aus C5 bis C7
- verläuft vertikal im Hals abwärts durch den axillären Zugang und entlang der medialen Axillawand, um den Musculus serratus anterior zu innervieren (Abb. 7.52)
- liegt auf der Oberfläche des Musculus serratus anterior.

Äste der Trunci

Aus den Trunci des Plexus brachialis entspringen als einzige Äste zwei Nerven. Sie gehen vom Truncus superior aus: der Nervus suprascapularis und der Nervus subclavius (Abb. 7.52).

Der **Nervus suprascapularis** (C5 und C6)

- entspringt aus dem Truncus superior des Plexus brachialis
- verläuft lateral durch das laterale Halsdreieck (Abb. 7.53) und durch das Foramen suprascapulare (unterhalb des Ligamentum transversum scapulae superius durch die Incisura scapulae) in die Regio scapularis posterior
- innerviert die Musculi supraspinatus und infraspinatus
- wird im lateralen Halsdreieck und in der Regio scapularis posterior von der Arteria suprascapularis begleitet.

Der **Nervus subclavius** (C5 und C6) ist ein kleiner Nerv, der

- aus dem Truncus superior des Plexus brachialis entspringt
- vor und unterhalb der Arteria und Vena subclavia verläuft
- den Musculus subclavius innerviert.

Äste des Fasciculus lateralis

Drei Nerven gehen komplett oder teilweise aus dem Fasciculus lateralis hervor (Abb. 7.52).

- Der **Nervus pectoralis lateralis** ist der am weitesten proximal liegende Ast des Fasciculus lateralis. Er verläuft zusammen mit der Arteria thoracoacromialis ventralwärts, tritt anschließend durch die Fascia clavipectoralis, die sich zwischen den Musculi subclavius und pectoralis minor ausspannt (Abb. 7.54), und innerviert den Musculus pectoralis major.
- Der **Nervus musculocutaneus** ist ein großer Endast des Fasciculus lateralis. Er verläuft nach lateral und tritt in den Musculus coracobrachialis ein, zieht im Oberarm zwischen den Musculi biceps brachii und brachialis und innerviert somit alle drei Flexoren des ventralen Muskelkompartiments am Oberarm. Er endet als Nervus cutaneus antebrachii lateralis, der die radialseitige Haut des Unterarms sensibel innerviert.
- Der **Ramus lateralis des Nervus medianus** ist der größte Endast des Fasciculus lateralis. Er zieht nach medial und vereinigt sich mit dem Ramus medialis (Medianusgabel) zum Nervus medianus (Abb. 7.54).

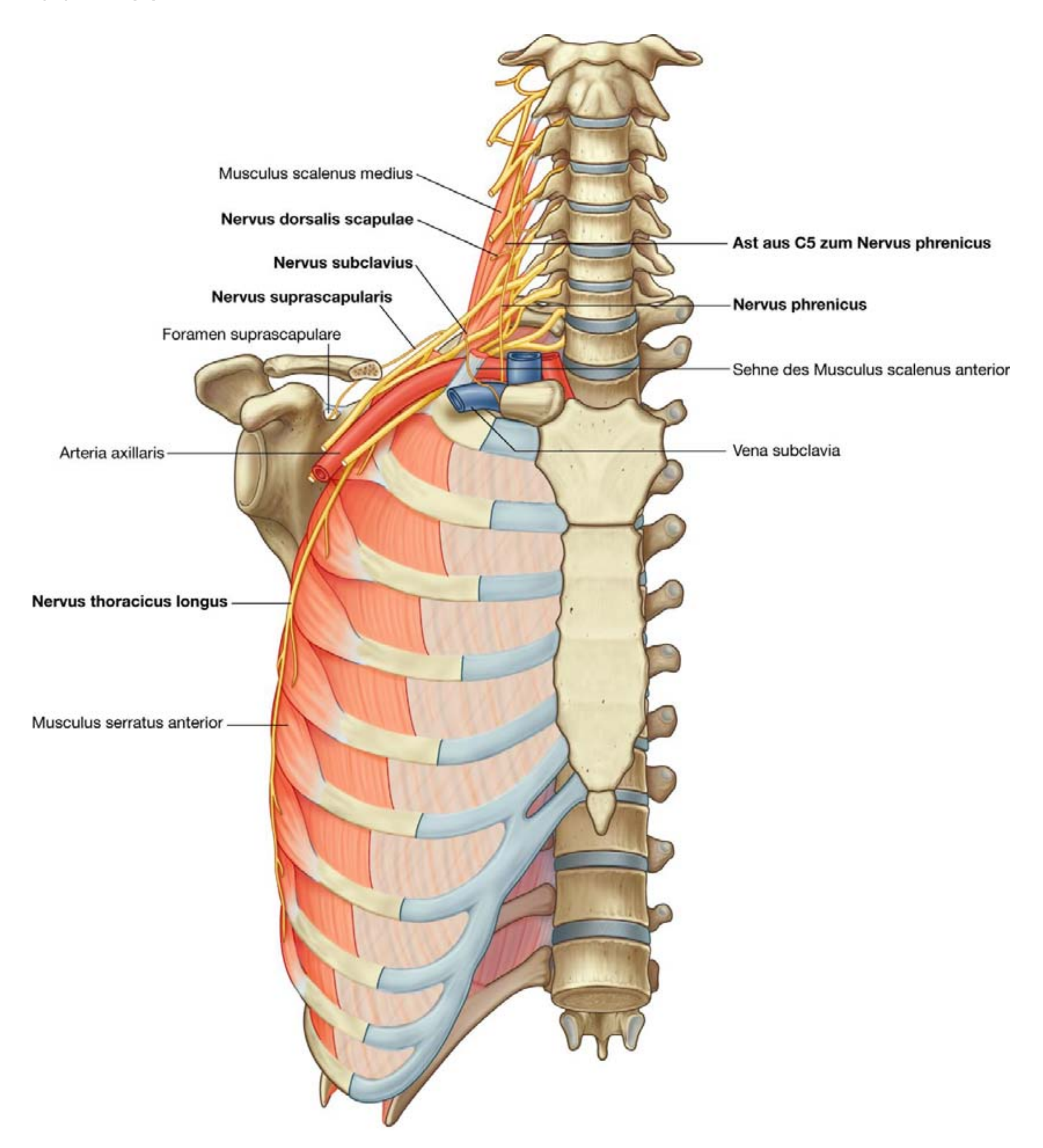
Äste des Fasciculus medialis

Der Fasciculus medialis besitzt fünf Äste (Abb. 7.54):

- Der **Nervus pectoralis medialis** ist der am weitesten proximal liegende Ast. Er erhält einen Kollateralast vom Nervus pectoralis lateralis und läuft zwischen Arteria und Vena axillaris nach ventral. Äste des Nervs innervieren den Musculus pectoralis minor. Einige der Äste verlaufen durch den Muskel hindurch und innervieren den Musculus pectoralis major. Weitere Äste verlaufen gelegentlich um den Unterrand des Musculus pectoralis minor, um den Musculus pectoralis major von kaudal zu erreichen.
- Der **Nervus cutaneus brachii medialis** läuft durch die Axilla zum Oberarm. Hier durchbricht der Nerv die Fascia brachialis und gelangt zur Haut über der medialen Fläche des distalen Oberarmdrittels, die er sensibel innerviert. In der Axilla hat der Nerv eine Verbindung mit dem **Nervus intercostobrachialis** von Th2. Fasern des Nervus cutaneus brachii medialis innervieren einen Teil der medialen Oberfläche des Oberarms und den Boden der Axilla.
- Der **Nervus cutaneus antebrachii medialis** entspringt kurz unterhalb des Nervus cutaneus brachii medialis. Er verlässt die Axilla und zieht in den Oberarm. Hier gibt er einen Ast ab, der die Haut über dem Musculus biceps brachii innerviert. Der Nerv verläuft weiter im Arm abwärts und durchbricht die Fascia brachialis am Hiatus basilicus gemeinsam mit der Vena basilica, um weiter distal die Haut der medialen Seite des Unterarms bis hin zum Handgelenk zu innervieren.
- Die **Radix medialis des Nervus medianus** läuft nach lateral, um sich der Radix lateralis des Fasciculus lateralis etwa auf Höhe des unteren Abschnitts der Arteria axillaris anzuschließen und den Nervus medianus zu bilden. Der Zusammenschluss aus Radix medialis und Radix lateralis zum Nervus medianus wird als Medianusgabel bezeichnet.
- Der **Nervus ulnaris** ist ein großer Endast des Fasciculus medialis (Abb. 7.54). Allerdings erhält er häufig einen Verbindungsast vom Ramus lateralis des Nervus medianus aus dem Fasciculus lateralis mit Fasern der Wurzel C7. Der Nervus ulnaris verläuft durch den Ober- und Unterarm in die Hand.hier innerviert er alle intrinsischen Muskeln (mit Ausnahme von drei Thenarmuskeln und den beiden radialen Musculi lumbricales). Beim Verlauf durch den Unterarm gibt der Nervus ulnaris Äste ab, die den Musculus flexor carpi ulnaris und die mediale Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus innervieren. Der Nervus ulnaris innerviert die Haut über der palmaren Fläche des Kleinfingerballens, die ulnare Hälfte der palmaren Fläche des Ringfingers, die ulnare Haut des Handrückens und des Handgelenks, die Haut über dem kleinen Finger sowie der Hälfte des Ringfingers auf der Handrückenseite.

684

Abb. 7.53



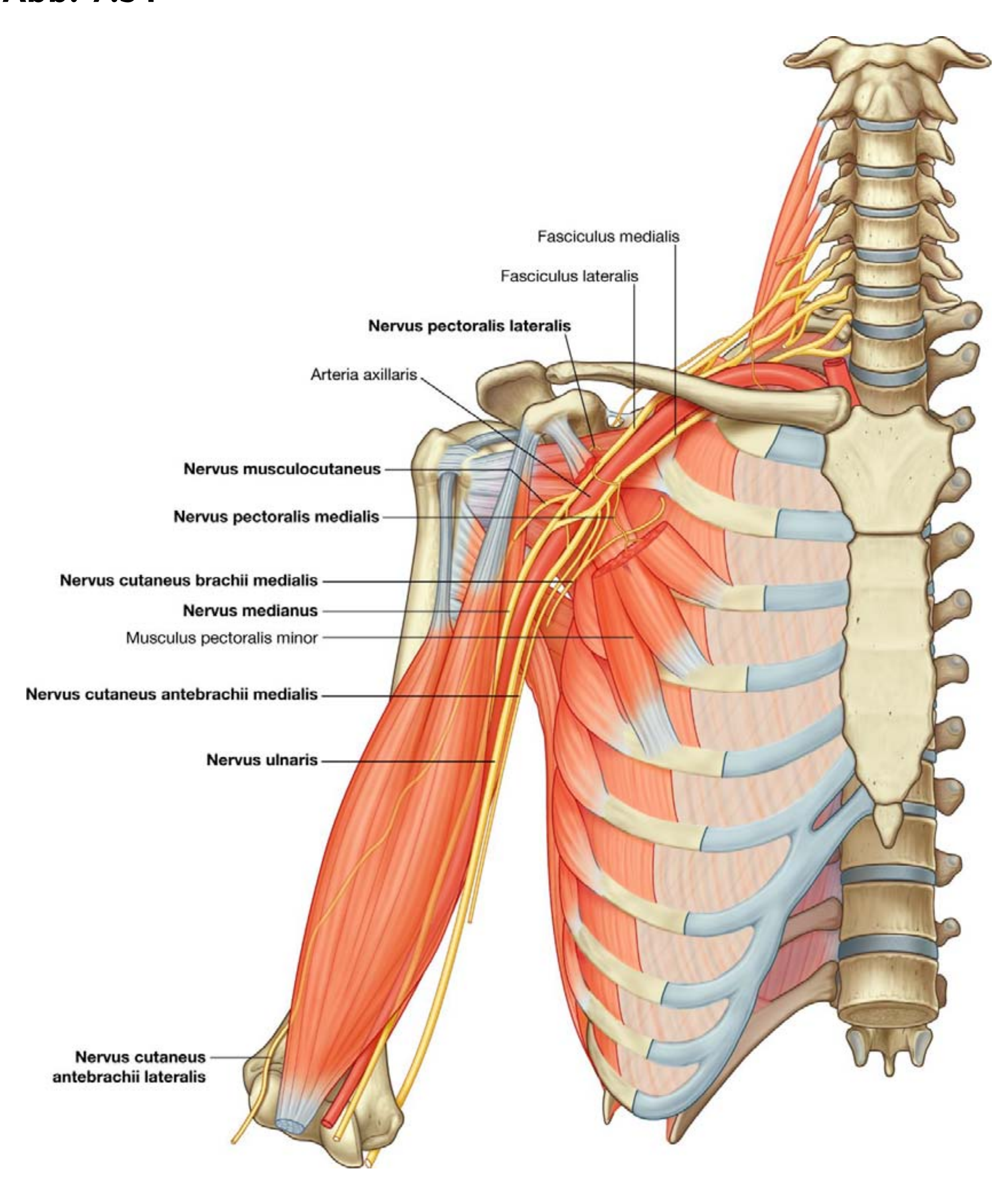
Äste der Wurzeln und Trunci des Plexus brachialis.

Nervus medianus

Der Nervus medianus wird ventral des unteren Abschnitts der Arteria axillaris aus dem Ramus medialis und dem Ramus lateralis gebildet, die aus den Fasciculi medialis und lateralis des Plexus brachialis entspringen (Abb. 7.54). Er verläuft im Arm ventral der Arteria brachialis und gelangt oberhalb vom Ellenbogengelenk in den Unterarm. Hier innervieren Äste des Nervus medianus die meisten Muskeln des ventralen Kompartiments (mit Ausnahme des Musculus flexor carpi ulnaris und der medialen Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus, die vom Nervus ulnaris innerviert werden).

686

Abb. 7.54



Äste des Fasciculus medialis und des Fasciculus lateralis des Plexus brachialis.

Der Nervus medianus läuft weiter zur Hand und innerviert dort

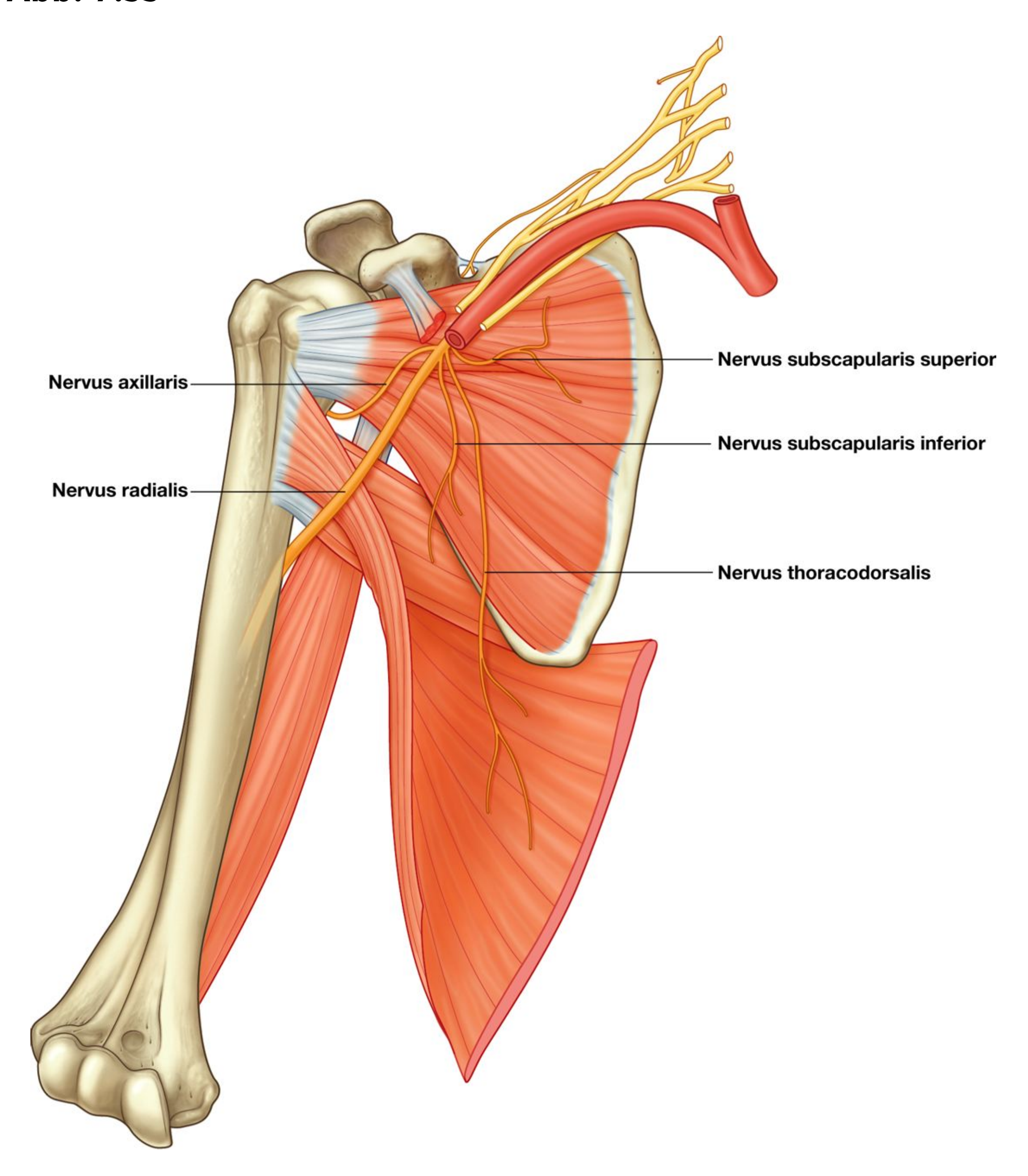
- die drei Thenarmuskeln, die mit dem Daumen assoziiert sind (Musculus opponens pollicis, Musculus abductor pollicis, Caput superficiale des Musculus flexor pollicis brevis)
- die beiden lateralen Musculi lumbricales (I und II), die mit der Bewegung des Zeige- und Mittelfingers assoziiert sind

686
687

- die Haut über der palmaren Fläche der radialen dreieinhalb Finger sowie die radiale Haut von Hohlhand und Handgelenk.

Der Nervus musculocutaneus, der Ramus lateralis des Nervus medianus, der Nervus medianus, der Ramus medialis des Nervus medianus und der Nervus ulnaris bilden ein „M“ oberhalb des unteren Abschnitts der Arteria axillaris (Abb. 7.54). Dieses Merkmal kann gemeinsam mit der Durchtrittsstelle des Nervus musculocutaneus durch den Musculus coracobrachialis zur Identifikation der Anteile des Plexus brachialis in der Axilla dienen.

Abb. 7.55



Äste des Fasciculus posterior des Plexus brachialis.

Äste des Fasciculus posterior

Aus dem Fasciculus posterior des Plexus brachialis gehen fünf Nerven hervor (Abb. 7.52):

- Nervus subscapularis superior

- Nervus thoracodorsalis
- Nervus subscapularis inferior
- Nervus axillaris
- Nervus radialis.

Alle diese Nerven mit Ausnahme des Nervus radialis innervieren Muskeln, die mit der Hinterwand der Axilla assoziiert sind. Der Nervus radialis zieht durch den Ober- und Unterarm. 687 688

Die Nervi subscapularis superior, thoracodorsalis und subscapularis inferior entspringen nacheinander aus dem Fasciculus posterior und verlaufen direkt zu den Muskeln der axillären Hinterwand (Abb. 7.55). Der **Nervus subscapularis superior** ist kurz und innerviert den Musculus subscapularis. Der **Nervus thoracodorsalis** ist der längste der drei Nerven. Er zieht vertikal entlang der hinteren Axillawand, tritt in den Musculus latissimus dorsi und innerviert ihn. Auch der **Nervus subscapularis inferior** zieht an der Hinterwand der Axilla abwärts. Er innerviert den Musculus subscapularis und den Musculus teres major.

Der **Nervus axillaris** geht aus dem Fasciculus posterior hervor, verläuft nach kaudolateral zur axillären Hinterwand und verlässt die Axilla durch die laterale Achsellücke (Abb. 7.55). Er zieht um das Collum chirurgicum des Humerus und innerviert die Musculi deltoideus und teres minor. Der **Nervus cutaneus brachii lateralis superior** geht aus dem Nervus axillaris nach dessen Durchtritt durch die laterale Achsellücke hervor. Er zieht um den Hinterrand des Musculus deltoideus und innerviert die Haut über dieser Region. Der Nervus axillaris wird von der Arteria circumflexa humeri posterior begleitet.

Der **Nervus radialis** ist der größte Ast des Fasciculus posterior (Abb. 7.55). Er verlässt die Axilla und tritt zwischen dem Unterrand des Musculus teres major, dem langen Kopf des Musculus triceps brachii und dem Humerusschaft durch das Foramen triangulare in das dorsale Muskelkompartiment des Oberarms. Der Nerv wird von der Arteria profunda brachii begleitet, die aus der Arteria brachialis entspringt. Der Nervus radialis und seine Äste innervieren

- alle Muskeln des dorsalen Muskelkompartiments am Ober- und Unterarm
- die Haut über der Rückseite des Ober- und Unterarms sowie die Haut über dem dorsoradialen Handrücken.

Der **Nervus cutaneus brachii lateralis inferior** geht in der Axilla aus dem Nervus radialis hervor und innerviert die Haut der Rückseite des Oberarms.

Klinik

Verletzungen des Plexus brachialis

Der Plexus brachialis ist eine komplexe Struktur. Bei Verletzungen sind eine äußerst genaue Untersuchung und Anamnese erforderlich. Eine Einschätzung der individuellen Nervenfuktionen kann durch die Messung der Nervenleitgeschwindigkeit und durch ein Elektromyogramm (NLG und EMG), das die Latenz der Muskelkontraktion nach Nervenstimulation misst, erreicht werden.

Verletzungen des Plexus brachialis sind meist Folge stumpfer Traumen, die zur Nervenavulsion und -ruptur führen können. Derartige Verletzungen sind in der Regel für die Funktion der oberen Extremität verheerend und erfordern eine monatelange intensive Rehabilitation, um wenigstens einen kleinen Teil der Funktion wiederherzustellen.

Beispiele für diese Verletzungen sind eine Überdehnung bei der Geburt oder Nervenwurzelausrisse (häufig bei Motorradunfällen). Man teilt die Läsionen in obere Plexusparesen (Typ Duchenne-Erb) unter Beteiligung der Segmente C5–C6 und untere Plexusparesen (Typ Déjerine-Klumpke) unter Beteiligung der Segmente C8–Th1 ein.

Rückenmarksverletzungen der Halsregion und Ausrissverletzungen neigen dazu, die Wurzeln des Plexus brachialis zu betreffen. Schwere Traumen der 1. Rippe betreffen häufig die Trunci. Die Divisiones und die Fasciculi des Plexus brachialis können bei Luxation des Schultergelenks verletzt werden.

Lymphgefäße

Alle Lymphgefäße der oberen Extremität drainieren in die Lymphknoten der Axilla (Abb. 7.56).

Außerdem erhalten die axillären Lymphknoten Zuflüsse aus der angrenzenden Thoraxwand inklusive des oberen Rückens und der Schulter, dem unteren Halsabschnitt, der Brust und der oberen anterolateralen Bauchwand. Die axillären Lymphknoten erhalten zudem Lymphe von etwa 75% der Brustdrüse.

Die 20 bis 30 Lymphknoten der Axilla werden entsprechend ihrer Lokalisation in fünf Gruppen eingeteilt:

- **Nodi lymphoidei laterales (humerales)** posteromedial der Vena axillaris erhalten den Großteil der Lymphe der oberen Extremität.
- **Nodi lymphoidei pectorales (anteriores)** verlaufen am Unterrand des Musculus pectoralis minor entlang den lateralen Thoraxgefäßen und erhalten Zufluss von der Bauchwand, der Brust und der Brustdrüse.

688

689

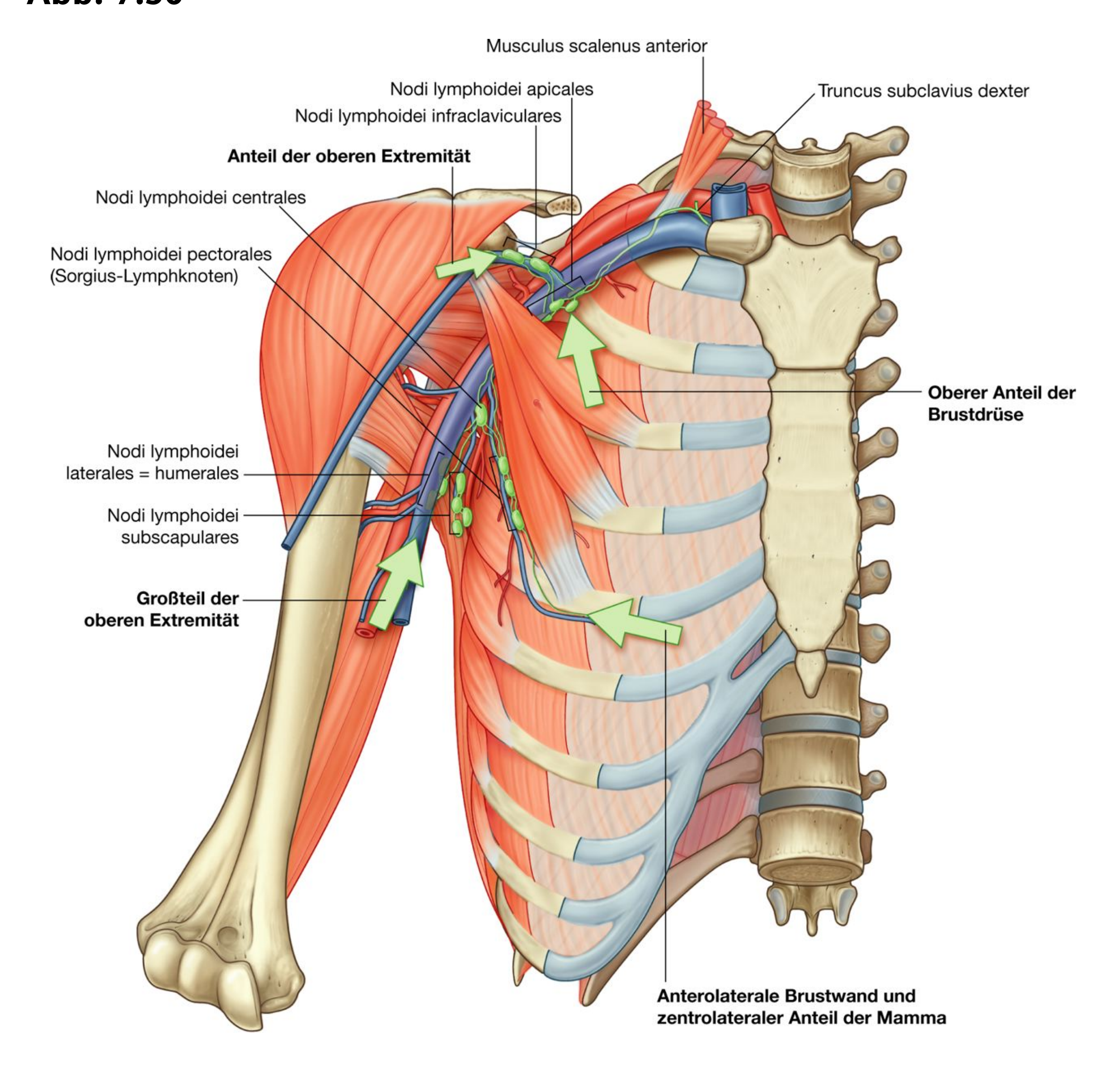
- **Nodi lymphoidei subscapulares (posteriores)** liegen an der Hinterwand der Axilla in enger Nachbarschaft zu den subskapulären Gefäßen. Sie nehmen Lymphe von der Hinterwand der Axilla, dem Rücken, der Schulter und dem Hals auf.

- **Nodi lymphoidei centrales** sind in das axilläre Fettgewebe eingebettet und erhalten Lymphe aus den brachialen, sub-skapulären und pektoralen Lymphknoten.
- **Nodi lymphoidei apicales** sind die am weitesten kranial liegenden Lymphknoten der Axilla. Sie drainieren alle anderen Lymphknotengruppen der Region. Zusätzlich erhalten sie Zuflüsse aus Lymphgefäßen, die die Vena cephalica begleiten, sowie aus Lymphgefäßen, die den oberen Anteil der Mamma drainieren.

Efferente Lymphgefäße der Nodi lymphoidei apicales verbinden sich zum Truncus subclavius, der normalerweise in das venöse System an der Verbindungsstelle zwischen Vena subclavia dextra und Vena jugularis interna dextra mündet. Auf der linken Seite drainiert der Truncus subclavius normalerweise in den Ductus thoracicus im Bereich der Halsbasis.

Processus axillaris der Brustdrüse

Abb. 7.56



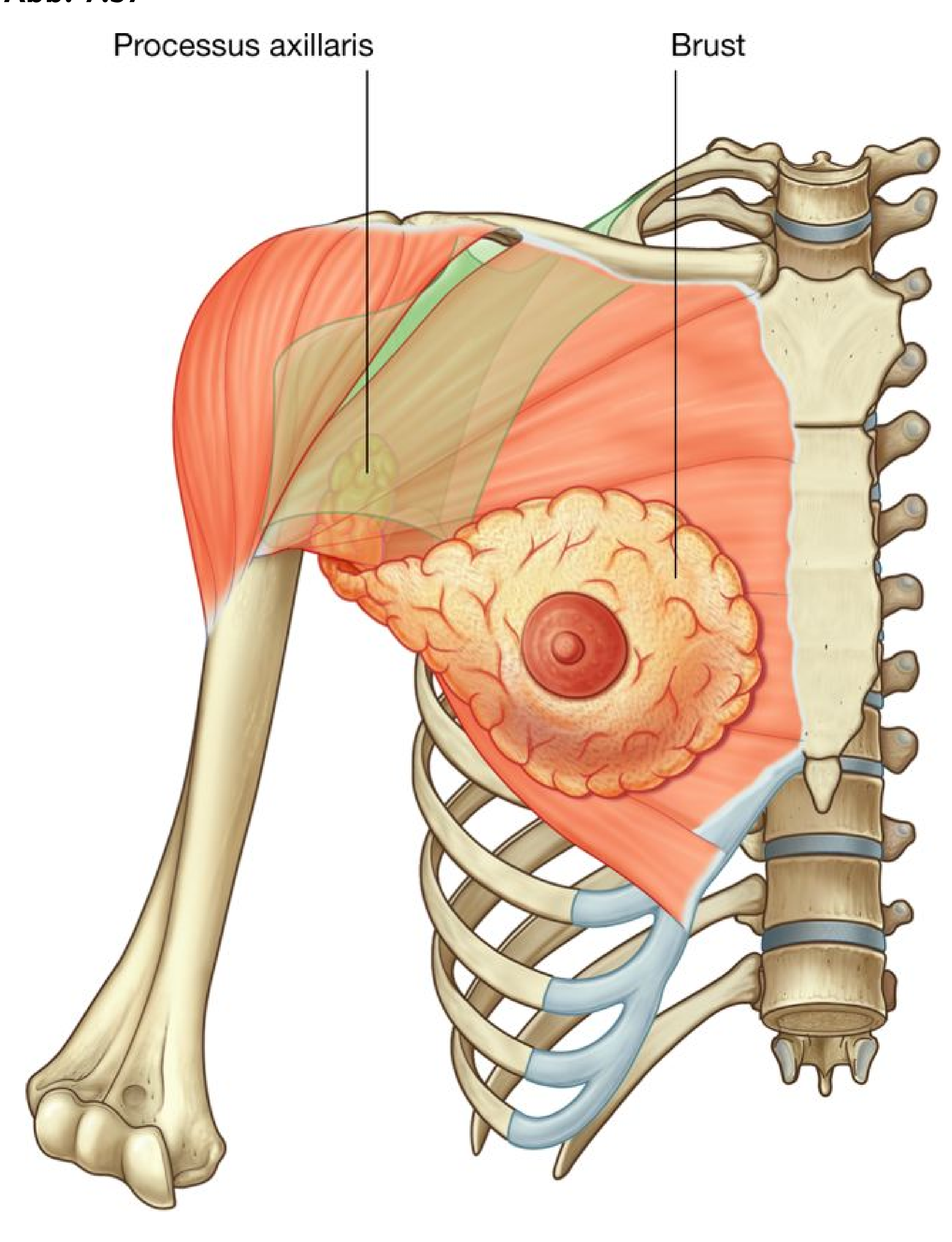
Lymphknoten und Lymphgefäße in der Axilla.

Obwohl die Brustdrüse in der oberflächlichen Faszie der Thoraxwand liegt, reicht ihre kraniolaterale Region entlang dem Unterrand des Musculus pectoralis major in Richtung Axilla. Gelegentlich kann sie um den Rand des Muskels herumreichen und durch die tiefe Faszie in die Axilla treten (Abb. 7.57). Dieser Processus axillaris reicht selten bis in die Spitze der Axilla.

689

690

Abb. 7.57



Processus axillaris der Brustdrüse.

Klinik

Mammakarzinom

Der Lymphabfluss aus dem lateralen Anteil der Mamma erfolgt durch die Lymphknoten der Axilla. Nach Mastektomie oder operativer Entfernung aller axillären Lymphknoten bei Mammakarzinom kann es zu einer signifikanten Unterbrechung des normalen Lymphabflusses der oberen Extremität kommen.

Einige Patientinnen erhalten eine zusätzliche Bestrahlung der Axilla, um eine Metastasierung zu verhindern. Als Nebeneffekt der Strahlentherapie werden außer den Krebszellen auch die kleinen Lymphgefäße zerstört.

Wenn der Lymphabfluss der oberen Extremität gestört ist, kann der Arm anschwellen, und es können sich Lymphödeme entwickeln.

OBERARM

Der Oberarm ist die Region zwischen Schulter und Ellenbogen (Abb. 7.58). Der obere Anteil des Oberarms kommuniziert mit der Axilla. Am unteren Anteil verlaufen einige wichtige Strukturen zwischen Ober- und Unterarm durch die Ellenbeuge, die ventral des Ellenbogengelenks liegt.

Der Oberarm wird durch das Septum intermusculare mediale und das Septum intermusculare laterale in zwei Kompartimente unterteilt, die auf beiden Seiten des Humerus bis zum äußeren Blatt der Fascia brachialis reichen (Abb. 7.58).

Die ventrale Muskelloge des Oberarms enthält die Muskulatur, die den Arm im Ellenbogengelenk beugt (Beuger). Die dorsale Muskelloge enthält die Muskeln, die das Gelenk strecken (Strecker). In beiden Kompartimenten verlaufen große Gefäße und Nerven.

Knochen

Die knöcherne Grundlage des Oberarms ist der Humerus (Abb. 7.59). Die meisten großen Muskeln des Oberarms setzen an den proximalen Enden der beiden Unterarmknochen, dem Radius und der Ulna, an und beugen und strecken den Unterarm im Ellenbogengelenk. Zusätzlich entspringen die Muskeln des Unterarms, die die Hand bewegen, vorwiegend am distalen Ende des Humerus.

Schaft und distales Ende des Humerus

Im Querschnitt ist der Humerusschaft annähernd dreieckig mit

- einem Margo ventralis, einem Margo lateralis und einem Margo medialis
- einer Facies anterolateralis, einer Facies anteromedialis und einer Facies posterior (Abb. 7.59).

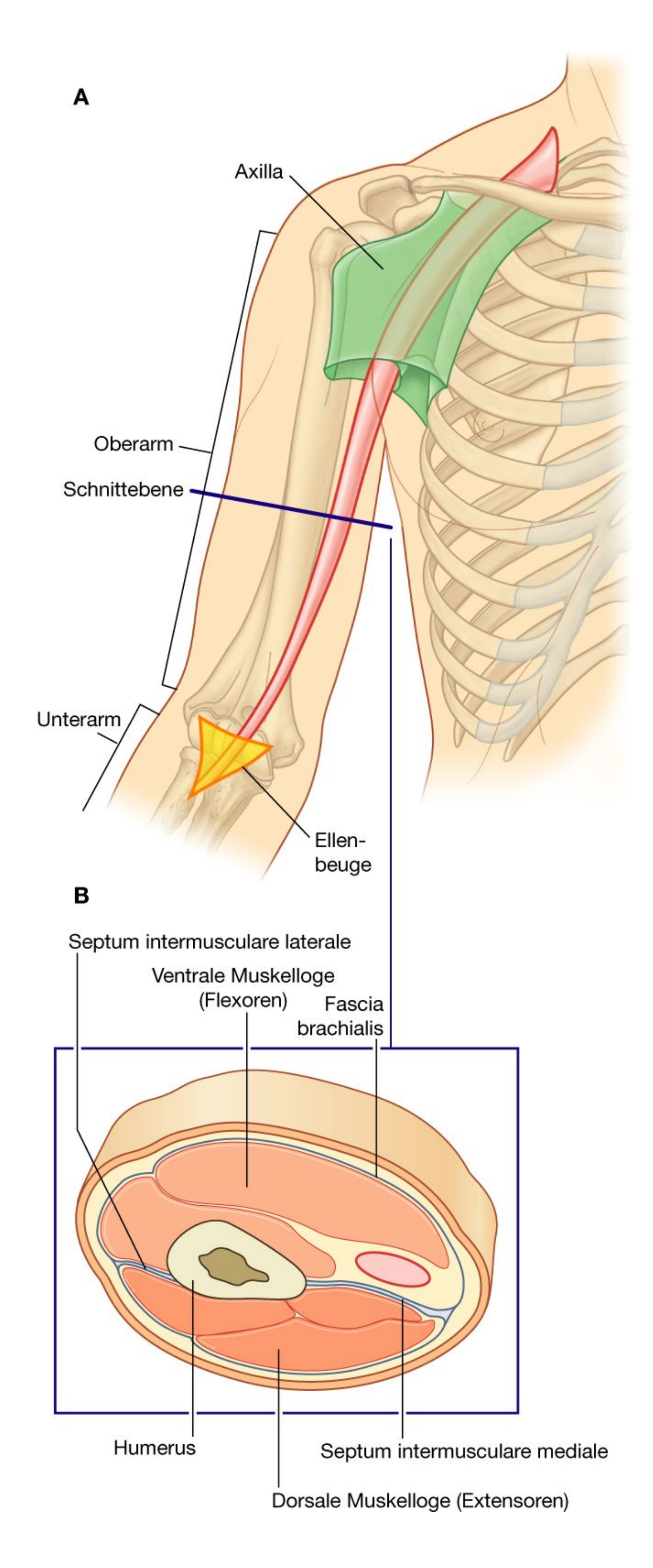
Die Facies posterior des Humerus ist an ihrem kranialen Anteil durch eine Aufrauung gekennzeichnet, die dem Caput laterale des Musculus triceps brachii als Ansatzstelle dient. Sie beginnt direkt unterhalb des Collum chirurgicum und verläuft diagonal entlang dem Knochen bis zur **Tuberositas deltoidea**.

Der mittlere Anteil der Facies posterior und der angrenzende Anteil der Facies anterolateralis sind durch den **Sulcus nervi radialis** gekennzeichnet, der diagonal am Knochen parallel zum Hinterrand der Tuberositas deltoidea abwärts verläuft. In diesem Sulcus verlaufen der Nervus radialis und die Arteria profunda brachii.

Etwa in der Mitte des Humerusschafts ist der Margo medialis durch eine dünne längliche Aufrauung gekennzeichnet, die dem Musculus coracobrachialis als Ansatzstelle dient.

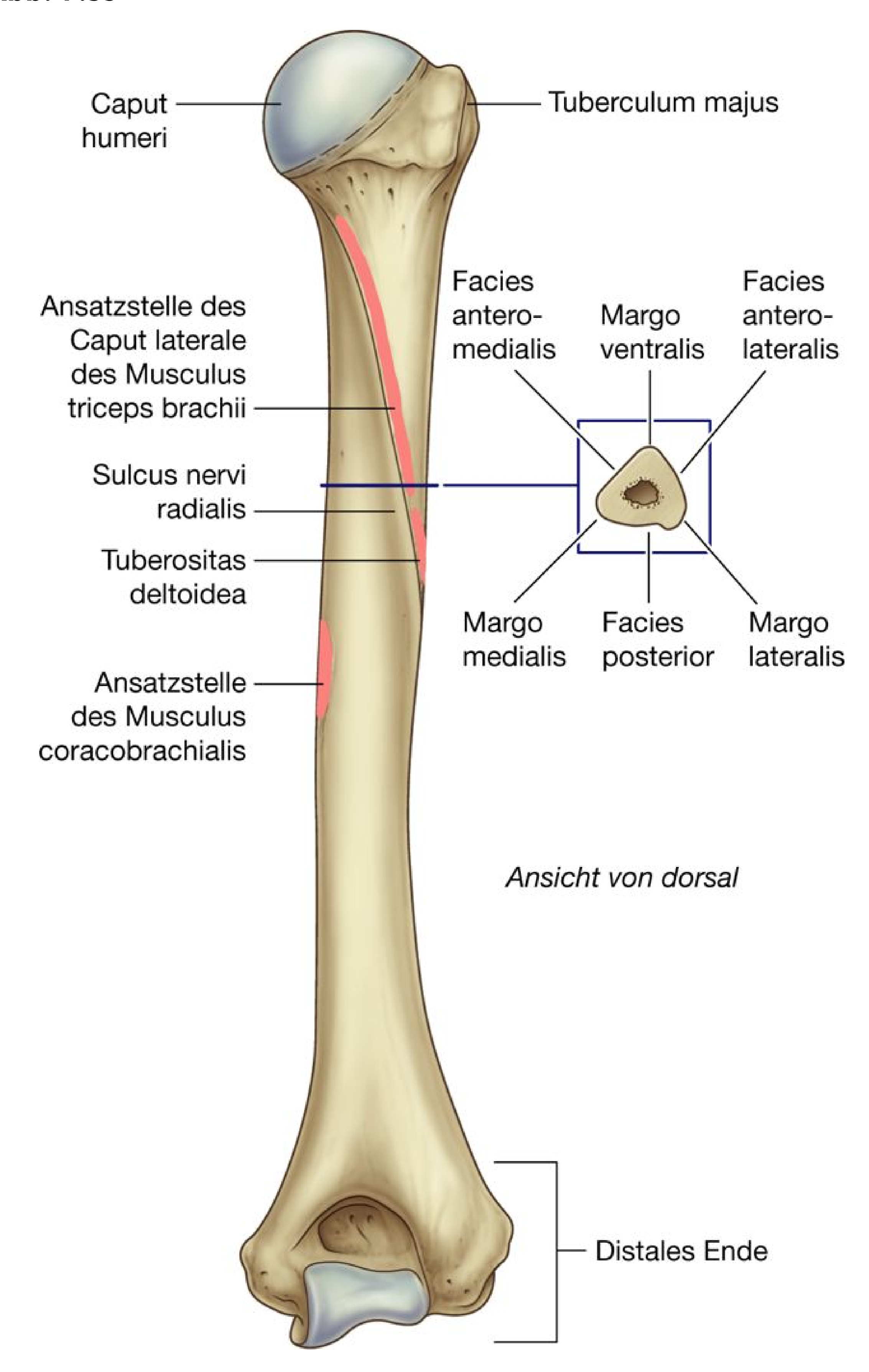
690

Abb. 7.58



Oberarm. **A**. Proximale und distale Beziehungen. **B**. Transversaler Schnitt durch die Mitte des Oberarms.

Abb. 7.59



Humerus.

Die intermuskulären Septen (Septa intermuscularia), die die ventrale von der dorsalen Muskelloge trennen, setzen am Margo medialis und am Margo lateralis an (Abb. 7.60).

Distal wird der Knochen flacher, und die Margines medialis und lateralis werden zur **Crista supracondylaris lateralis** und zur **Crista supracondylaris medialis**. Die Crista supracondylaris lateralis ist kräftiger und im Ansatzbereich der Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Unterarms aufgeraut.

Das distale Humerusende (Extremitas distalis humeri), das in der anteroposterioren Ebene abgeflacht ist, besitzt einen Condylus, zwei Epicondyli und drei Fossae (Abb. 7.60).

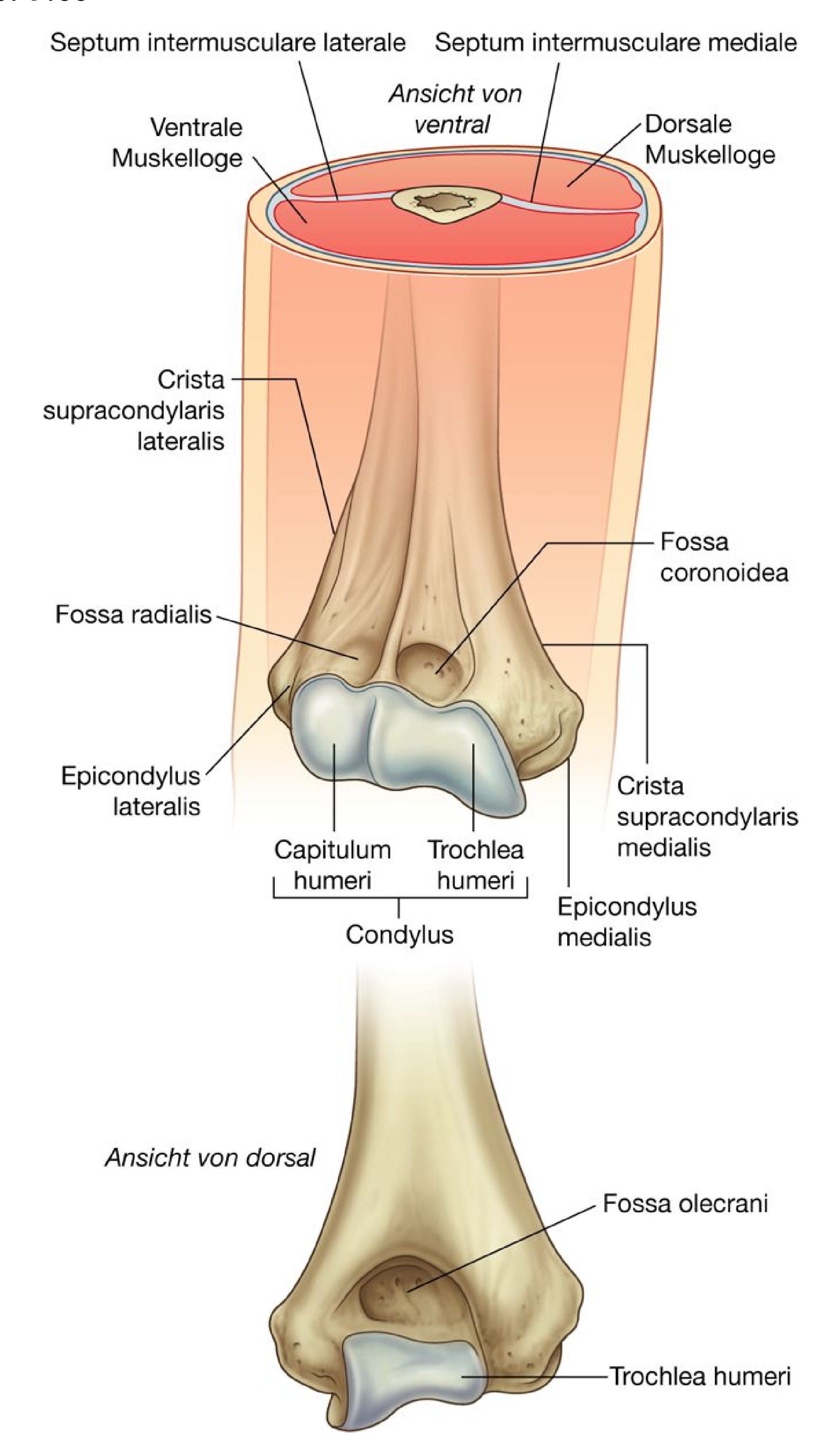
Der Condylus

Die beiden Gelenkanteile des Condylus, das **Capitulum humeri** und die **Trochlea humeri**, artikulieren mit den beiden Knochen des Unterarms.

Das **Capitulum humeri** artikuliert mit dem Radius des Unterarms. Es liegt lateral, hat die Form einer Halbkugel und zeigt nach ventral und kaudal, sodass es von dorsal nicht sichtbar ist.

691
692

Abb. 7.60



Distales Humerusende (Extremitas distalis humeri).

Die **Trochlea humeri** artikuliert mit der Ulna des Unterarms. Sie ist rollenförmig und liegt medial vom Capitulum. Ihr medialer Rand ist stärker ausgeprägt als der laterale Rand, und sie reicht bis auf die Rückfläche des Knochens.

Die beiden Epicondyli

Die beiden Epicondyli des Humerus grenzen an die Trochlea und das Capitulum humeri (Abb. 7.60).

Der **Epicondylus medialis**, eine große knöcherne Vorwölbung am distalen Humerus, ist die *am deutlichsten tastbare Landmarke an der medialen Ellenbogenseite*. Auf der Oberfläche befindet sich ein großer ovaler Abdruck für den Ansatz der Muskulatur der ventralen Muskelloge des Unterarms. *Der Nervus ulnaris zieht um die Hinterfläche des Epicondylus medialis vom Ober- in den Unterarm und kann hier gegen den Knochen palpiert werden*.

Der **Epicondylus lateralis** ist deutlich weniger ausgeprägt als der Epicondylus medialis. Er liegt lateral des Capitulum humeri und hat eine große, unregelmäßige Impression für den Ansatz der Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Unterarms.

Die drei Fossae

Die drei Fossae liegen oberhalb von Capitulum und Trochlea humeri am distalen Humerusende (Abb. 7.60).

Die **Fossa radialis** ist die am schwächsten ausgebildete Grube und liegt direkt über dem Capitulum humeri auf der Vorderfläche des Humerus.

Die **Fossa coronoidea** grenzt an die Fossa radialis und liegt oberhalb der Trochlea humeri.

Die größte Grube ist die **Fossa olecrani**. Sie liegt direkt oberhalb der Trochlea auf der dorsalen Oberfläche des distalen Humerus. Die drei Gruben passen sich an Knochenvorsprünge des Unterarms im Rahmen der Bewegungen des Ellenbogengelenks an.

Extremitas proximalis radii

Das proximale Radiusende (Extremitas proximalis radii) besteht aus einem Caput, einem Collum und der Tuberositas radii (Abb. 7.61).

Das **Caput radii** (Radiusköpfchen) ist eine kräftige scheibenförmige Struktur in der Horizontalebene. Die runde Oberfläche ist für die Artikulation mit dem Capitulum humeri konkav geformt. Der Rand der Scheibe ist medial breiter. Hier artikuliert sie mit der Incisura radialis der proximalen Ulna.

Das **Collum radii** ist ein kurzer enger Teil des Knochens zwischen dem ausgeprägten Caput und der Tuberositas radii des Radiusschafts.

Die **Tuberositas radii** ist ein großer plumper Vorsprung auf der medialen Oberfläche des Radius direkt unterhalb vom Collum radii. Der Großteil der Oberfläche ist aufgeraut und dient

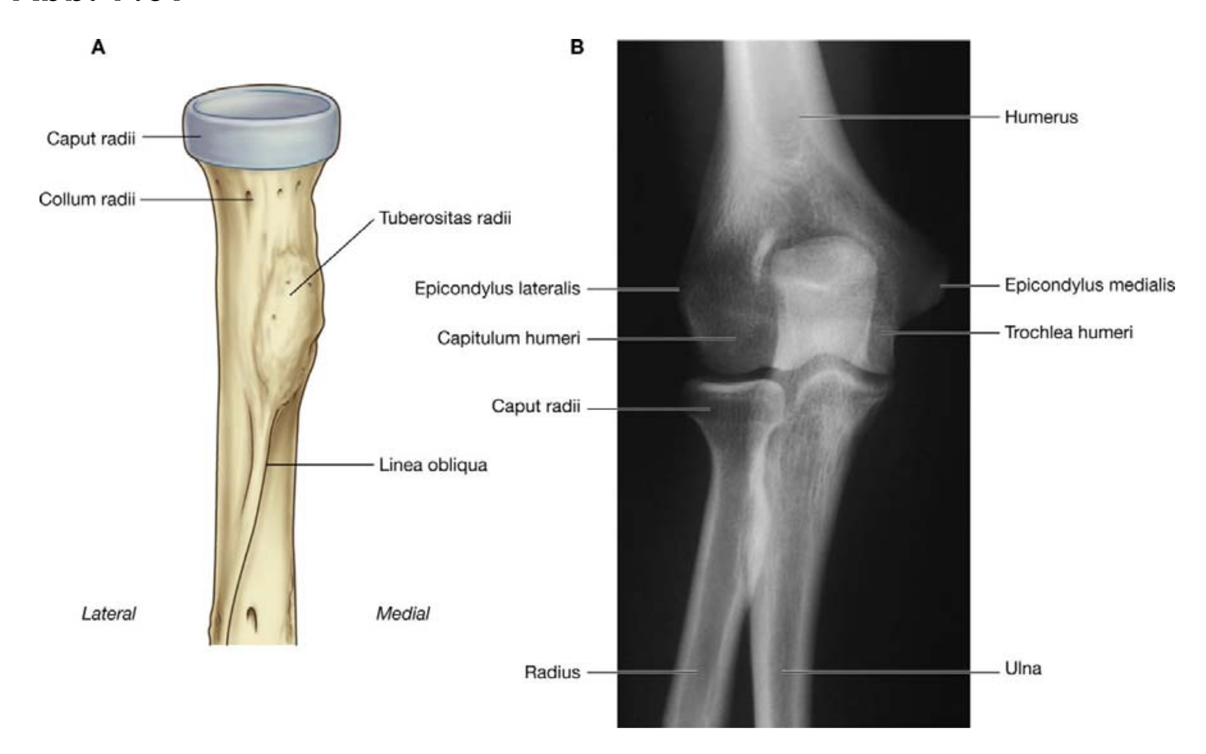
der Sehne des Musculus biceps brachii als Ansatz. Die Linea obliqua des Radius verläuft vom Unterrand der Tuberositas radii weiter diagonal entlang dem Knochenschaft.

Extremitas proximalis ulnae

Das proximale Ulnaende (Extremitas proximalis ulnae) ist deutlich größer als das proximale Radiusende und besteht aus dem Olecranon, dem Processus coronoideus, der Incisura trochlearis, der Incisura radialis und der Tuberositas ulnae (Abb. 7.62).

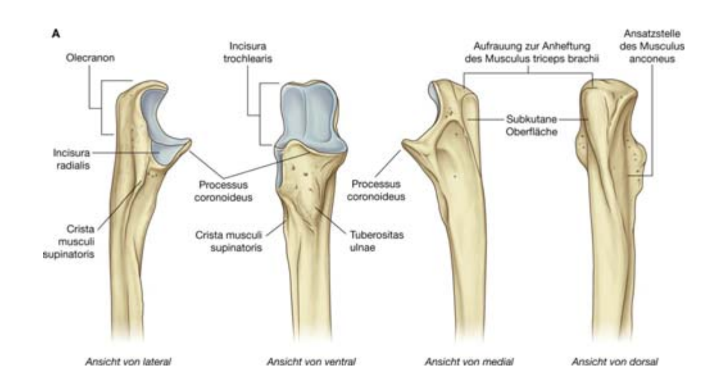
692
693

Abb. 7.61



A. Ansicht von ventral auf das proximale Ende des Radius. **B**. Röntgendarstellung des Ellenbogengelenks (anterior-posteriore Ansicht).

Abb. 7.62



A. Proximale Ulna in der Ansicht von lateral, ventral, medial und dorsal. **B**. Röntgendarstellung des Ellenbogengelenks (laterale Ansicht).

Das **Olecranon** ist ein großer knöcherner Vorsprung, der von der Ulna nach proximal reicht. Die anterolaterale Oberfläche ist gelenkbildend und an der Incisura trochlearis beteiligt, die mit der Trochlea humeri artikuliert. Der Oberrand wird durch einen großen aufgerauten Abdruck zur Anheftung des Musculus triceps brachii markiert. *Die hintere Oberfläche ist glatt, annähernd dreieckig und kann als „Ellenbogenspitze" getastet werden.*

Der **Processus coronoideus** projiziert sich ventral des proximalen Ulnaendes (Abb. 7.62). Seine superolaterale Oberfläche ist gelenkbildend und beteiligt sich zusammen mit dem Olecranon an der **Incisura trochlearis**. Die laterale Oberfläche ist durch die **Incisura radialis** gekennzeichnet, die der Artikulation mit dem Caput radii dient.

Direkt unterhalb der Incisura radialis liegt eine kleine Grube, die es der Tuberositas radii ermöglicht, während der Pro- und Supination ihre Position zu ändern. Der Hinterrand der Fossa verbreitert sich zur **Crista musculi supinatoris**. Die ventrale Oberfläche des Processus coronoideus ist dreieckig, zeigt mit der Spitze nach distal und besitzt mehrere Aufrauungen, die als Ansatzstellen für Muskeln dienen. Die größte davon ist die **Tuberositas ulnae**. Sie liegt an der Spitze der ventralen Oberfläche und dient als Ansatzstelle für den Musculus brachialis.

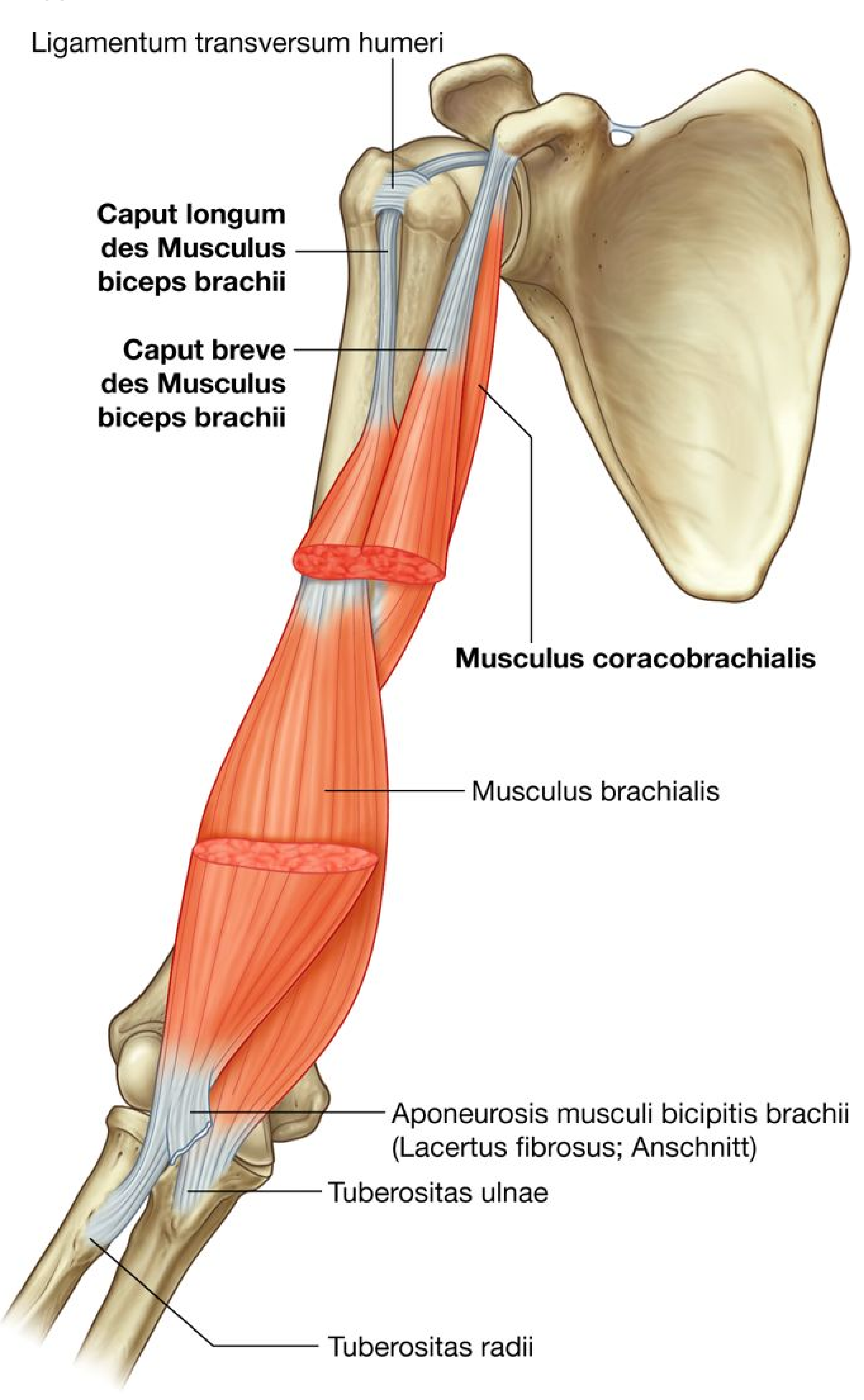
Muskulatur

Die ventrale Muskelloge des Oberarms enthält drei Muskeln: den Musculus coracobrachialis, den Musculus brachialis und den Musculus biceps brachii, die vorwiegend durch den Nervus musculocutaneus innerviert werden.

Die dorsale Muskelloge enthält einen Muskel, den Musculus triceps brachii, der durch den Nervus radialis innerviert wird.

Musculus coracobrachialis

Abb. 7.63



Musculus biceps brachii und Musculus brachialis.

Der **Musculus coracobrachialis** reicht von der Spitze des Processus coracoideus der Scapula bis zur Facies anteromedialis im mittleren Bereich des Humerusschafts (Abb. 7.63 und Tab. 7.8). Er zieht durch die Axilla und wird vom Nervus musculocutaneus durchdrungen und innerviert.

694
695

Der Musculus coracobrachialis bewirkt eine Anteversion und Adduktion des Oberarms im Schultergelenk.

Musculus biceps brachii

Der **Musculus biceps brachii** besitzt **zwei Köpfe** (Abb. 7.63 und Tab. 7.8):

- Das Caput breve entspringt gemeinsam mit dem Musculus coracobrachialis am Processus coracoideus der Scapula.
- Das Caput longum entspringt als Sehne am Tuberculum supraglenoidale der Scapula.

Die Sehne des langen Bizepskopfes verläuft durch das Schultergelenk oberhalb des Caput humeri und zieht dann weiter durch den Sulcus intertubercularis auf den Oberarm. Hier befindet sich der Muskelbauch, der zusammen mit dem Muskelbauch des Caput breve oberhalb des Musculus brachialis liegt.

Langer und kurzer Bizepskopf verbinden sich zu einer gemeinsamen Sehne, die an der Tuberositas radii ansetzt. Beim Eintritt der Sehne in den Unterarm zweigt ein flaches Bindegewebsblatt **(Aponeurosis musculi bicipitis brachii = Lacertus fibrosus)** von der medialen Seite der Sehne ab und verbindet sich mit der Fascia antebrachii, die die ventrale Loge des Unterarms umgibt.

Der Musculus biceps brachii ist ein kräftiger Beuger des Unterarms im Ellenbogengelenk. Außerdem ist er der kräftigste Supinator des Unterarms bei gebeugtem Ellenbogengelenk. Da beide Köpfe des Musculus biceps brachii zweigelenkig sind, kann der Muskel auch eine Anteversion im Schultergelenk bewirken.

Der Musculus biceps brachii wird durch den Nervus musculocutaneus innerviert. *Ein Schlag auf die Sehne des Musculus biceps brachii mit dem Reflexhammer dient als Kennreflex für das Spinalsegment C6.*

Musculus brachialis

Der **Musculus brachialis** entspringt an der distalen Hälfte des ventralen Humerus und von den angrenzenden Anteilen der Septa intermuscularia, vor allem vom medialen Septum intermusculare (Abb. 7.63 und Tab. 7.8). Er liegt unterhalb des Musculus biceps brachii, wird distal flacher und setzt mit seiner Sehne an der Tuberositas ulnae an.

Der Musculus brachialis beugt den Unterarm im Ellenbogengelenk.

Er wird überwiegend vom Nervus musculocutaneus innerviert. Ein kleiner lateraler Anteil des Muskels wird durch den Nervus radialis innerviert.

Tab. 7.8 Muskulatur des ventralen Oberarmkompartiments (ventrale Oberarmloge; fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus coracobrachialis	Spitze des Processus coracoideus des Scapula	Facies anteromedialis am mitteleren Humerusschaft	Nervus musculocutaneus C5, **C6**, C7	Anteversion im Schultergelenk
Musculus biceps brachii	Caput longum – Tuberculum supraglenoidale der Scapula Caput breve – Spitze des Processus coracoideus	Tuberositas radii	Nervus musculocutaneus C5, **C6**	Kräftiger Beuger im Ellenbogengelenk (in Supinationsstellung) und Supinator des Unterarms (bei gebeugtem Ellenbogengelenk); zusätzlich Anteversion, Innenrotation und Abduktion (Caput longum) und Adduktion (Caput breve) im Schultergelenk
Musculus brachialis	Distale Hälfte des ventralen Humerus und angrenzende Anteile der Septa intermuscularia	Tuberositas ulnae	Nervus musculocutaneus C5, **C6;** kleiner Anteil des Nervus radialis C7 im lateralen Muskelbereich	Kräftiger Beuger des Unterarms im Ellenbogengelenk in Supinations- und Pronationsstellung

695

696

Klinik

Ruptur der langen Bizepssehne

Eine Ruptur von Sehnen und Muskeln in der oberen Extremität ist relativ selten. Die am häufigsten betroffene Sehne ist die des langen Bizepskopfes. Isoliert beeinflusst dies die Funktion der oberen Extremität kaum. Es bildet sich aber eine typische Deformität aus: Bei Beugung im Ellenbogengelenk kommt es zu einer starken Wulstbildung im Bereich des Muskelbauchs als Zeichen der ungehemmten Kontraktion von Muskelfasern.

Dorsale Muskelloge

Der einzige Muskel der dorsalen Muskelloge des Oberarms ist der **Musculus triceps brachii** (Abb. 7.64 und Tab. 7.9). Er besitzt drei Köpfe:

- Das Caput longum entspringt am Tuberculum infraglenoidale der Scapula.

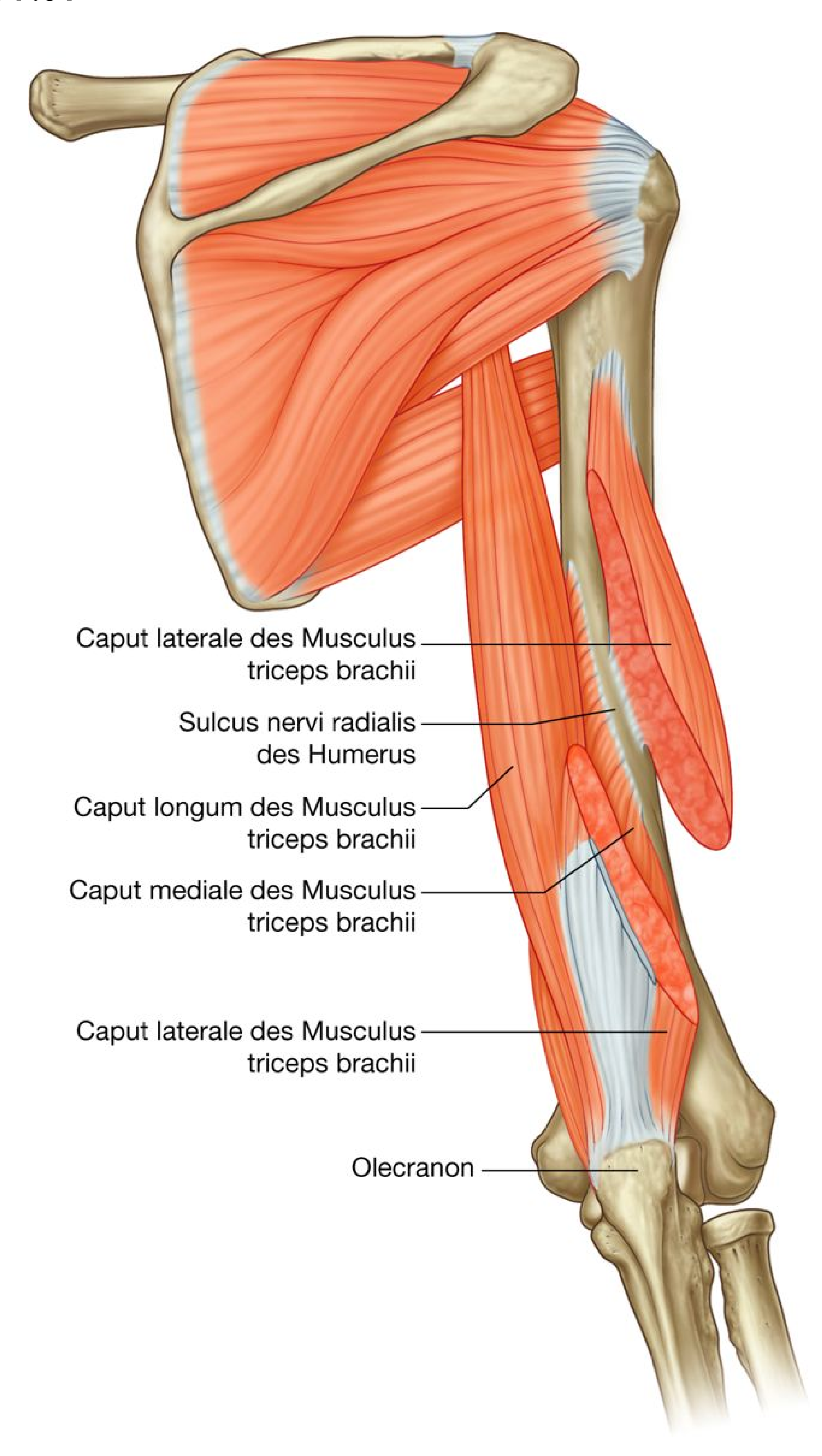
- Das Caput mediale entspringt von einem großen Areal am dorsalen Humerusschaft unterhalb des Sulcus nervi radialis.
- Das Caput laterale entspringt an einer linearen Aufrauung oberhalb des Sulcus nervi radialis des Humerus.

Die drei Köpfe vereinigen sich und bilden eine Sehne, die an der Oberfläche des Olecranons der Ulna ansetzt.

Der Musculus triceps brachii streckt den Unterarm im Ellenbogengelenk und adduziert im Schultergelenk (Caput longum).

Innerviert wird der Muskel durch Äste des Nervus radialis. *Ein Schlag auf die Sehne des Musculus triceps brachii mit dem Reflexhammer testet vorwiegend das Spinalsegment C7. Der Muskel dient als Kennmuskel für dieses Segment.*

Abb. 7.64



Musculus triceps brachii.

Tab. 7.9 Muskel des dorsalen Oberarmkompartiments (dorsale Oberarmloge; fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation des Muskels)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus triceps brachii	Caput longum – Tuberculum infraglenoidale der Scapula Caput mediale – Hinterfläche des Humerus Caput laterale – Hinterfläche des Humerus	Olecranon	Nervus radialis C6, **C7**, C8	Streckung des Unterarms im Ellenbogengelenk; Adduktion im Schultergelenk (Caput longum)

696

697

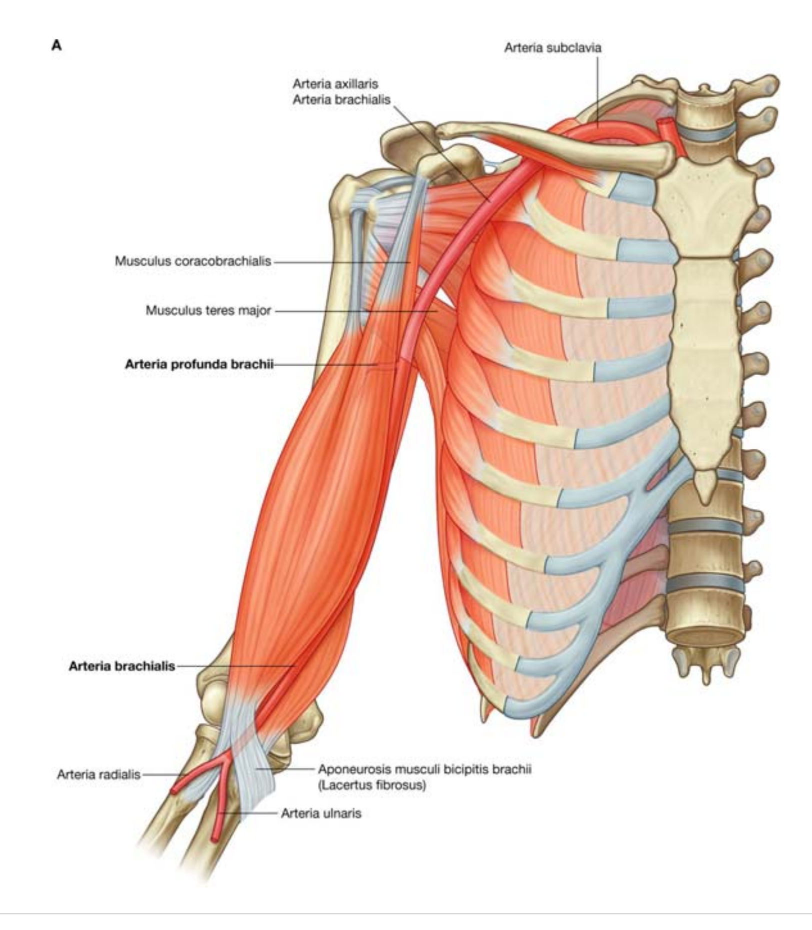
Arterien und Venen

Arteria brachialis

Die Hauptarterie des Oberarms, die **Arteria brachialis**, verläuft in der ventralen Muskelloge (Abb. 7.65). Sie entsteht als Fortsetzung aus der Arteria axillaris am Unterrand des Musculus teres major und endet distal des Ellenbogengelenks. Hier teilt sie sich in die Arteriae ulnaris und radialis.

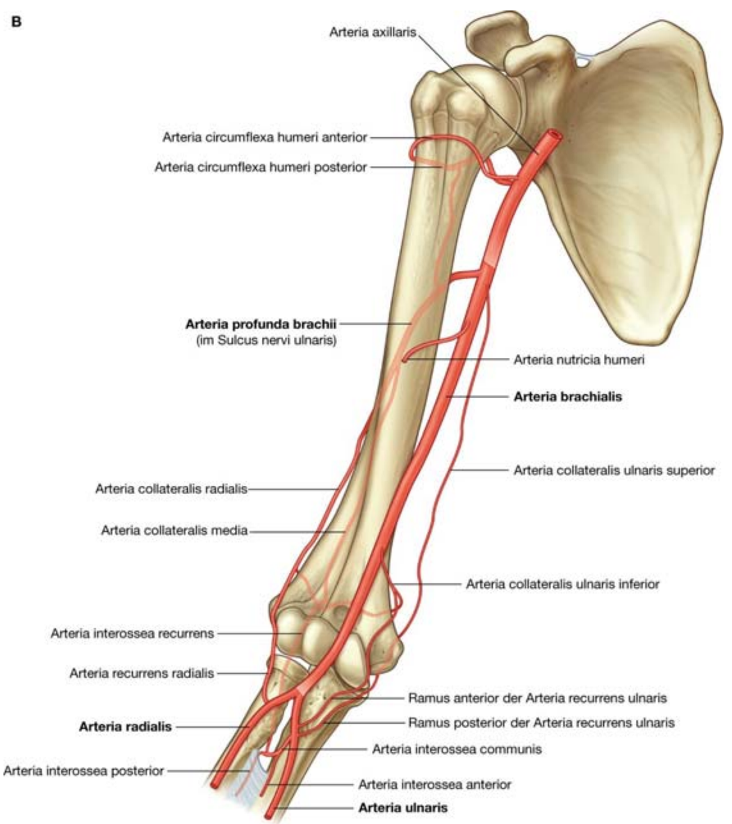
Im proximalen Oberarm liegt die Arteria brachialis medial. Am distalen Oberarm zieht sie nach lateral in eine Position in der Mitte zwischen dem Epicondylus medialis und dem Epicondylus lateralis. Die Arterie läuft ventral über das Ellenbogengelenk direkt medial der Sehne des Musculus biceps brachii. *Die Arteria brachialis ist auf ganzer Länge palpierbar. Im proximalen Abschnitt kann die Arterie gegen den Humerus komprimiert werden.*

Abb. 7.65



697

698



Arteria brachialis. **A**. In situ. Arteria brachialis. **B**. Äste.

Zu den Ästen der Arteria brachialis gehören Äste zu den angrenzenden Muskeln sowie zwei Arteriae collaterales ulnae, die zu einem Gefäßnetzwerk um das Ellenbogengelenk (Rete articulare cubiti) gehören. Zusätzliche Äste sind die Arteria profunda brachii und Arteriae nutriciae humeri, die durch Foramina an der ventralen Oberfläche des Humerus in den Knochen gelangen.

Arteria profunda brachii

Die **Arteria profunda brachii**, der größte Ast der Arteria brachialis, tritt in die dorsale Muskelloge des Oberarms ein und versorgt die dort vorhandenen Strukturen (Abb. 7.65). Sie tritt gemeinsam mit dem Nervus radialis in die Loge ein. Zusammen verlaufen beide Strukturen weiter durch das Foramen triangulare, das vom Humerusschaft, dem Unterrand des Musculus teres major und dem lateralen Rand des Caput longum des Musculus triceps brachii gebildet wird.

698

699

Arterie und Nerv verlaufen im Sulcus nervi radialis auf der Rückseite des Humerus unterhalb des Caput laterale des Musculus triceps brachii.

Äste der Arteria profunda brachii versorgen die umliegenden Muskeln und anastomosieren mit der Arteria circumflexa humeri posterior. Die Arterie endet in zwei Kollateralgefäßen, die zum Rete articulare cubiti beitragen.

Klinik

Blutdruckmessung

Die Messung des Blutdrucks ist ein wichtiger physiologischer Parameter. Hoher Blutdruck (Hypertonus) muss behandelt werden, um Langzeitschäden, wie einen Schlaganfall, zu vermeiden. Niedriger Blutdruck kann durch starken Blutverlust, ausgedehnte Infektionen oder eine schlechte Auswurfleistung des Herzens (z.B. nach Herzinfarkt) entstehen. Daher ist eine präzise Messung des Blutdrucks essenziell.

Meist erfolgt die Messung mittels Blutdruckmanschette und Stethoskop. Die Manschette wird um den Oberarm gelegt und aufgepumpt, um die Arteria brachialis gegen den Humerusschaft zu komprimieren. Die Manschette wird so weit aufgepumpt, bis sie den systolischen Blutdruck übersteigt (> 120 mmHg). Anschließend wird ein Stethoskop über der Arteria brachialis in der Ellenbeuge aufgesetzt, und der Puls wird abgehört (auskultiert). Der Druck der Blutdruckmanschette wird langsam reduziert. Sobald er eben unterhalb des systolischen Drucks liegt, hört man den Puls als regelmäßigen Schlag. Beim weiteren Ablassen (Senken) des Drucks hört man das Pulsieren deutlicher. Sobald der Druck unter das diastolische Blutdruckniveau sinkt, hört man den Puls nicht mehr. Auf der Skala am Manometer kann man den Blutdruck ganz einfach ablesen. Der Normwert liegt bei 120/80 mmHg (systolischer Blutdruck/diastolischer Blutdruck) und wird als RR (Messung nach Riva-Rocci in Millimeter Quecksilbersäule) angegeben.

Venen

Paarige Venae brachiales verlaufen medial und lateral der Arteria brachialis. Sie erhalten Zuflüsse aus Venen, die die Äste der Arteria brachialis begleiten (Abb. 7.66).

Neben den tiefen Venen gibt es im Oberarm noch zwei große subkutane Venen: die Vena cephalica und die Vena basilica.

Die Vena basilica verläuft in der distalen Oberarmhälfte vertikal und durchbricht die Fascia brachialis am Hiatus basilicus, um dann medial der Arteria brachialis weiter aufzusteigen. Am Unterrand des Musculus teres major wird sie per Definition zur Vena axillaris. Die Vena brachialis drainiert in die Vena basilica bzw. in die Vena axillaris.

Die Vena cephalica verläuft anterolateral am Oberarm, tritt durch die Fascia clavipectoralis in der Vorderwand der Axilla und mündet schließlich in die Vena axillaris ein.

Nerven

Nervus musculocutaneus

Der Nervus musculocutaneus verlässt die Axilla durch den Musculus coracobrachialis (Abb. 7.67). Er läuft in der Ebene zwischen Musculus biceps brachii und Musculus brachialis den Arm abwärts und gibt dabei motorische Äste ab. Am Ellenbogen liegt er lateral von der Sehne des Musculus biceps brachii und durchbricht dann die Fascia antebrachii, um als **Nervus cutaneus antebrachii lateralis** am Unterarm zu enden.

Der Nervus musculocutaneus versorgt

- motorisch alle Muskeln der ventralen Muskelloge des Oberarms
- sensibel die Haut des lateralen Unterarms.

Nervus medianus

Der Nervus medianus gelangt am Unterrand des Musculus teres major aus der Axilla auf den Arm (Abb. 7.67). Er verläuft am medialen Oberarm in der ventralen Muskelloge und liegt in der Nähe der Arteria brachialis:

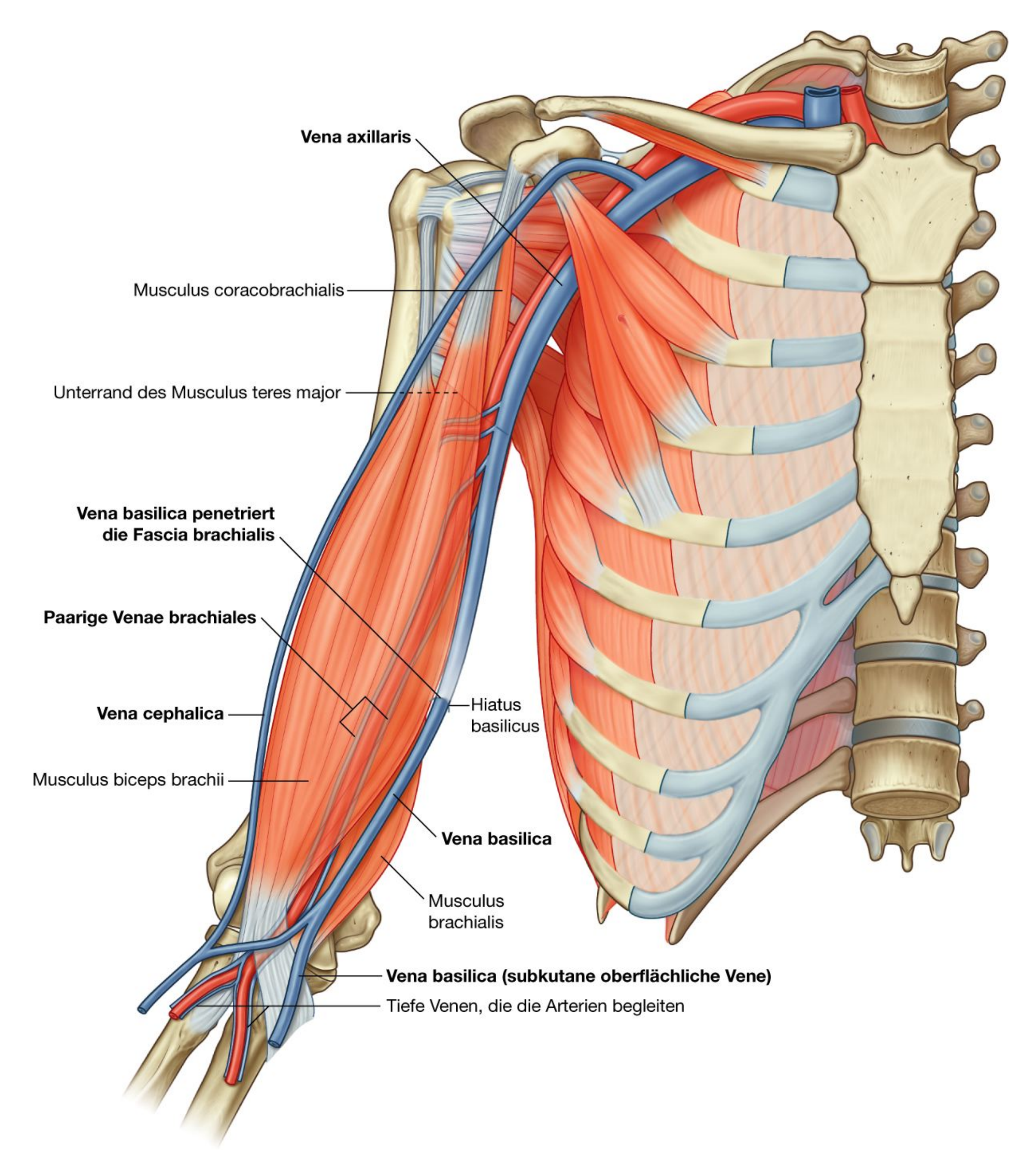
- Proximal am Oberarm liegt der Nervus medianus direkt lateral der Arteria brachialis.
- In den distalen Abschnitten kreuzt der Nervus medianus die Arteria brachialis und verläuft lateral von ihr und ventral des Ellenbogengelenks.

Der Nervus medianus gibt am Oberarm keine großen Äste ab. Der Ast zum Musculus pronator teres kann aber schon proximal vom Ellenbogen abgehen.

Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris tritt gemeinsam mit dem Nervus medianus und der Arteria axillaris in den Oberarm (Abb. 7.67). Proximal verläuft er medial der Arteria axillaris, auf Höhe der Oberarmmitte durchbricht er das Septum intermusculare mediale und tritt in die dorsale Muskelloge ein. Hier liegt der Nervus ulnaris ventral vom Caput mediale des Musculus triceps brachii. Er läuft anschließend dorsal um den Epicondylus medialis des Humerus („Musikantenknochen“) in die ventrale Muskelloge des Unterarms. Der Nervus ulnaris hat keine Äste am Oberarm.

Abb. 7.66



Venen des Oberarms.

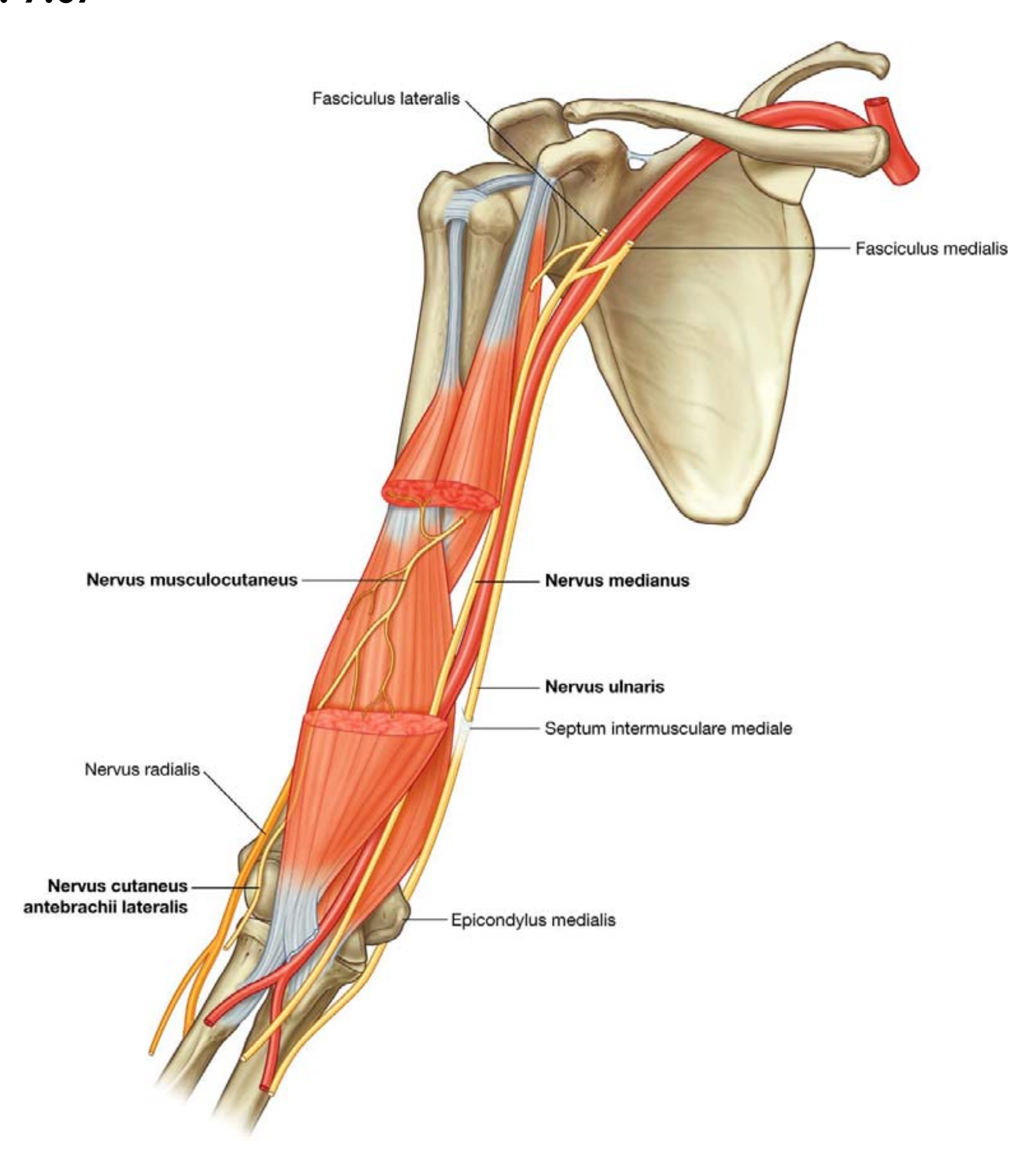
Nervus radialis

Der Nervus radialis geht aus dem Fasciculus posterior des Plexus brachialis hervor und gelangt in den Oberarm, nachdem er den Unterrand des Musculus teres major passiert hat (Abb. 7.68). Im Oberarm liegt der Nervus radialis hinter der Arteria brachialis. Er gelangt in Begleitung der Arteria brachialis profunda durch den Trizepsschlitz in die dorsale Muskelloge des Oberarms.

In der dorsalen Muskelloge des Oberarms verläuft der Nervus radialis von medial nach lateral und liegt dabei im Sulcus nervi radialis direkt auf dem Humerus. Im lateralen Bereich des Arms durchbricht er das Septum intermusculare laterale und gelangt so in die ventrale Muskelloge, in der er zwischen Musculus brachialis und Musculus brachioradialis, einem Muskel der dorsalen Loge des Unterarms, verläuft. Der Nervus radialis tritt ventral vom Epicondylus lateralis und unterhalb des Musculus brachioradialis in den Unterarm ein.

700
701

Abb. 7.67



Nervus musculocutaneus, Nervus medianus und Nervus ulnaris am Oberarm.

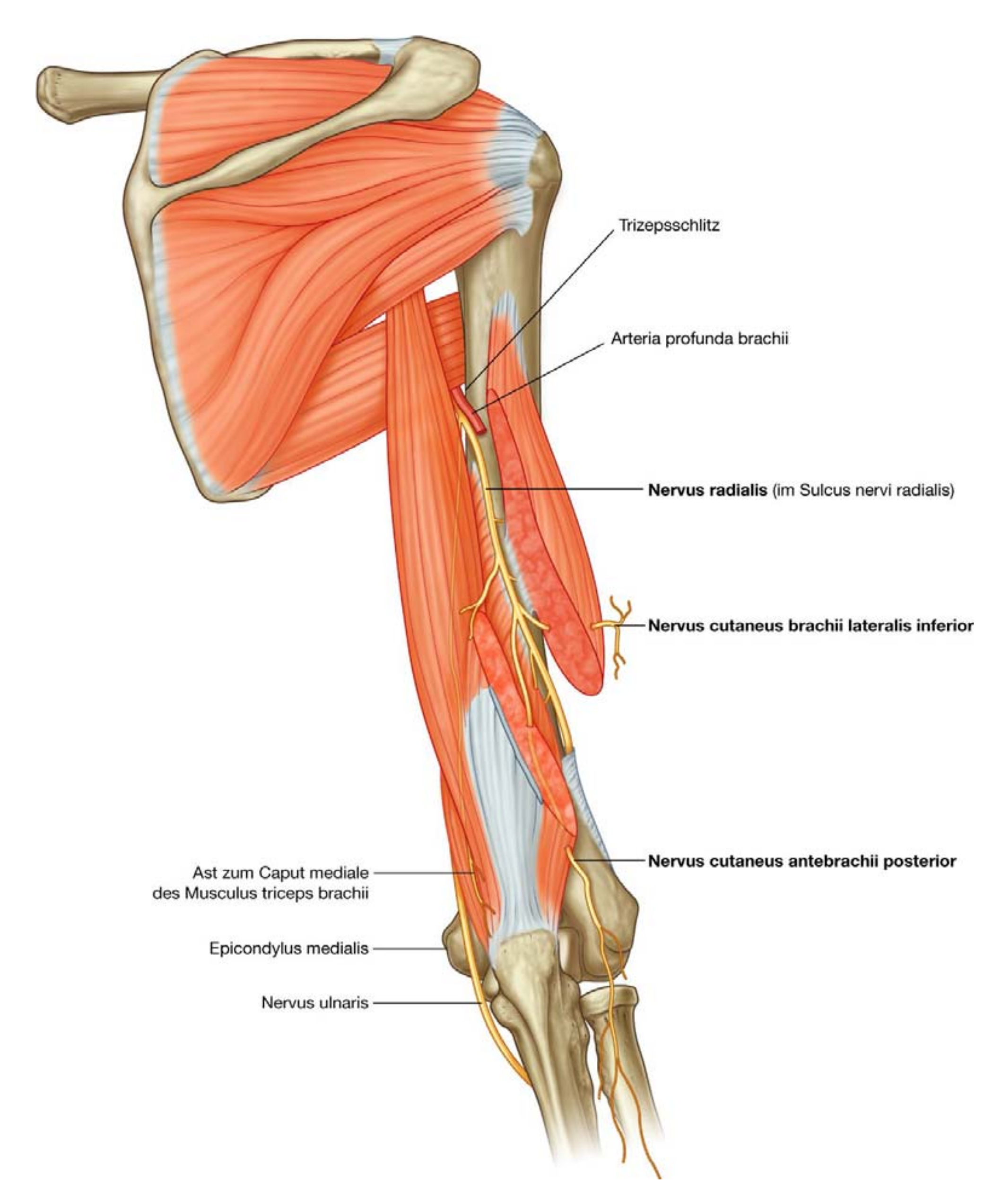
Im Oberarm gibt der Nervus radialis motorische und sensible Äste ab (Abb. 7.68):

- Motorische Äste laufen zu den Musculi triceps brachii, brachioradialis und extensor carpi radialis longus. Zusätzlich trägt der Nervus radialis zur Innervation des lateralen Anteils des Musculus brachialis bei. Ein Ast zum Caput mediale des Musculus triceps brachii entspringt bereits vor Übertritt des Nervs in die dorsale Muskelloge des Unterarms und verläuft zusammen mit dem Nervus ulnaris den Arm abwärts.
- Hautäste des Nervus radialis entspringen in der dorsalen Loge und beinhalten den **Nervus cutaneus brachii lateralis inferior** und den **Nervus cutaneus antebrachii posterior**, die beide durch den lateralen Trizepskopf (Caput laterale musculi tricipitis) treten und anschließend subkutan verlaufen.

701

702

Abb. 7.68



Nervus radialis am Oberarm.

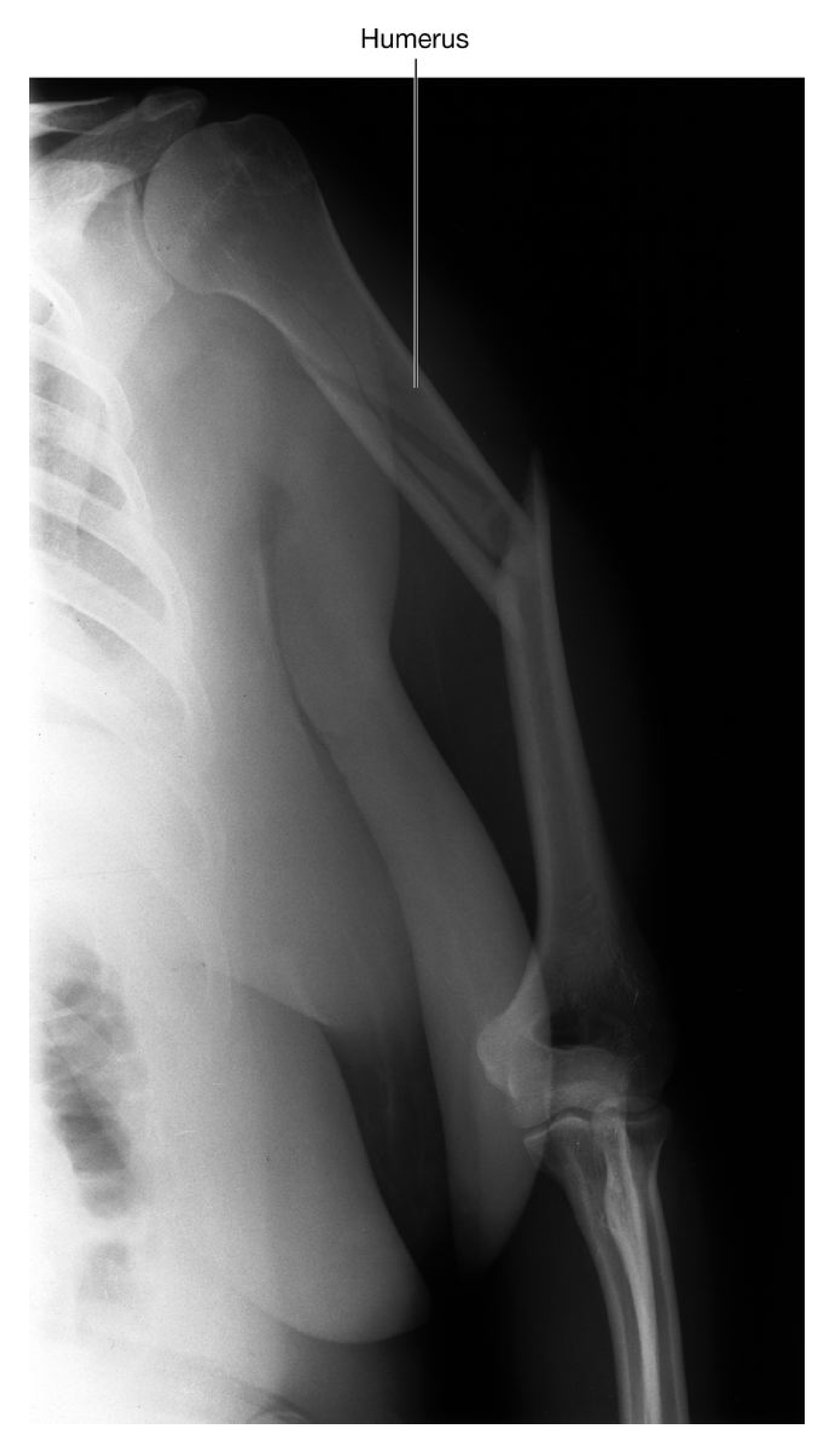
702

Klinik

Verletzung des Nervus radialis am Oberarm

Der Nervus radialis steht in enger Verbindung zur Arteria profunda brachii zwischen dem medialen und lateralen Kopf des Musculus triceps brachii im Sulcus nervi radialis. Bei einer Humerusschaftfraktur kann der Nervus radialis überdehnt oder verletzt werden. Konsekutiv kann dies zu einer Zerstörung des Nervs mit Funktionsverlust führen. Da es sich um eine typische Verletzung handelt (Abb. 7.69), sollte bei einer Humerusschaftfraktur immer die Funktion des Nervs getestet werden. Der Patient zeigt typischerweise eine Fallhand (durch den Ausfall der gesamten Streckermuskulatur; hohe Radialisschädigung) und Sensibilitätsstörungen über dem Handrücken. Weitere Schädigungsmöglichkeiten am Humerusschaft sind die sog. Parkbanklähmung (Paralysie des amoureux) oder eine fehlerhafte Narkoselagerung. Je nach Dauer kommt es zu mehr oder weniger ausgeprägten Ausfallerscheinungen mit Fallhand und Sensibilitätsstörungen über dem Handrücken.

Abb. 7.69



Röntgenbild einer Humerusschaftfraktur, die zu einer Verletzung des Nervus radialis führen kann.

Klinik

Verletzung des Nervus medianus im Oberarm

Der Nervus medianus wird normalerweise im Ober- und Unterarm nicht verletzt, da er in der Tiefe verläuft. Das häufigste neurologische Problem im Zusammenhang mit dem Nervus medianus ist eine Kompression unterhalb des Retinaculum musculorum flexorum am Handgelenk (Karpaltunnelsyndrom).

Sehr selten kann es einmal ein kleines Ligament im Bereich der kaudalen Vorderseite des Humerus geben, unter dem der Nerv entlangläuft. Hierbei handelt es sich um einen embryologischen Überrest des Musculus coracobrachialis, der als Struther-Ligament bezeichnet wird. Noch seltener kann das Band verknöchern. Unterhalb des Bandes kann der Nervus medianus am Oberarm komprimiert werden, woraus eine Schwäche der Beugemuskulatur im Unterarm und der Thenarmuskulatur resultiert. Eine Messung der Nervenleitgeschwindigkeit kann den Ort der Nervenkompression nachweisen.

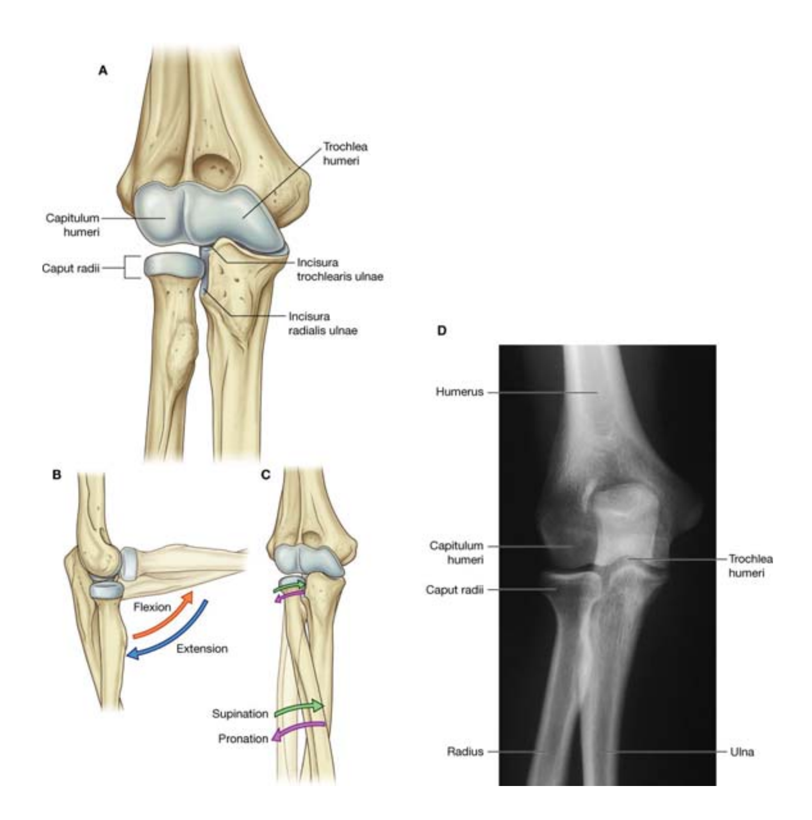
703

704

ELLENBOGENGELENK

Das Ellenbogengelenk ist ein komplexes Gelenk mit drei getrennten Gelenkanteilen, die eine gemeinsame Gelenkkapsel besitzen (Abb. 7.70):

Abb. 7.70



Komponenten und Bewegungen des Ellenbogengelenks. **A**. Knochen und Gelenkflächen. **B**. Flexion und Extension. **C**. Pronation und Supination. **D**. Röntgenbild eines normalen Ellenbogengelenks (ap).

- Die Gelenke zwischen Incisura trochlearis ulnae und Trochlea humeri (Articulatio humeroulnaris) und Fovea articularis des Caput radii und Capitulum humeri (Articulatio humeroradialis) sind vorwiegend an einer scharnierartigen Flexion und Extension des Unterarms gegen den Oberarm beteiligt. Sie sind die Hauptgelenke des Ellenbogens.
- Das Gelenk zwischen Fovea articularis des Caput radii (Radiusköpfchen) und der Incisura radialis ulnae, das proximale Radioulnargelenk (Articulatio radioulnaris proximalis), ist an der Pro- und Supinationsbewegung des Unterarms beteiligt.

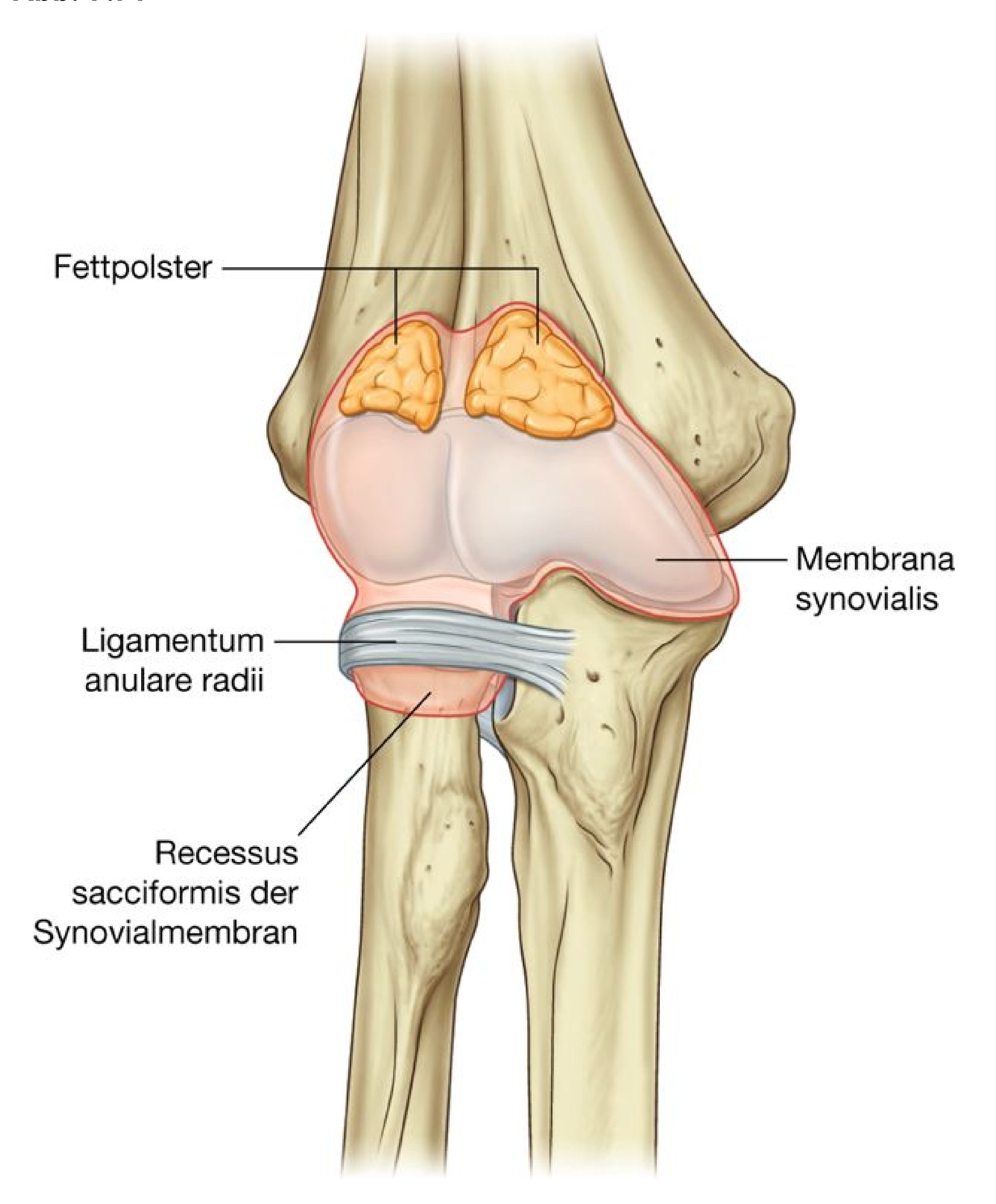
Die Gelenkflächen der Knochen sind mit hyalinem Gelenkknorpel bedeckt.

Die Membrana synovialis entspringt an den Rändern der Gelenkknorpel und umfasst die Fossa radialis, die Fossa coronoidea, die Fossa olecrani und die tiefe Schicht der Gelenkkapsel sowie die mediale Oberfläche der Trochlea humeri (Abb. 7.71).

Die Membrana synovialis ist von der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel durch Fettpolster getrennt, die über der Fossa coronoidea, der Fossa olecrani und der Fossa radialis liegen. Die kleinen Fettpolster passen sich den knöchernen Vorsprüngen des Ellenbogens während der Streckung und Beugung an. Befestigungen der Gelenkkapsel an den Muskelfaszien der Musculi brachialis und triceps brachii bewirken, dass die Fettpolster aus dem Weg gezogen werden, wenn die dazugehörigen knöchernen Vorsprünge in die Fossae bewegt werden.

704
705

Abb. 7.71



Membrana synovialis des Ellenbogengelenks (Ansicht von vorn).

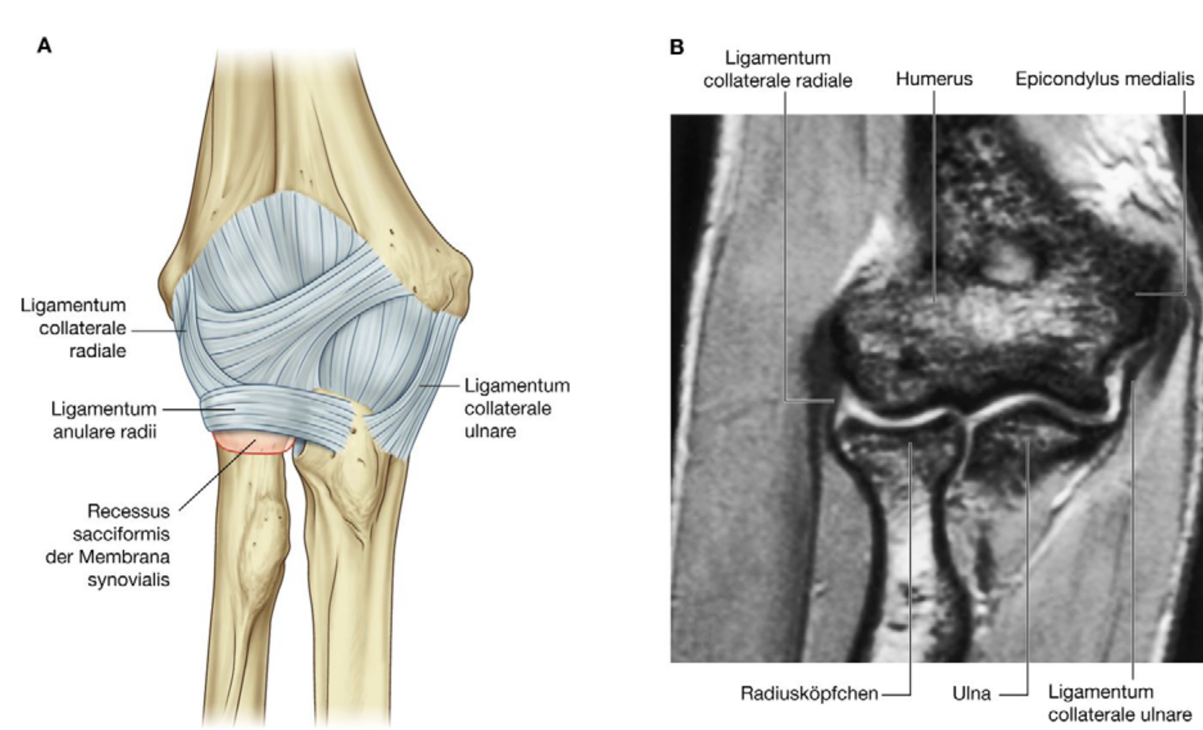
Die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel bedeckt die Membrana synovialis von außen, schließt das Gelenk ein und setzt am Epicondylus medialis und an den Rändern der Fossae olecrani, coronoidea und radialis des Humerus an (Abb. 7.72). Ferner setzt sie am Processus coronoideus und an der Fossa radialis des Humerus an (Abb. 7.72). Außerdem ist die Gelenkkapsel am

Processus coronoideus und am Olecranon der Ulna befestigt. Lateral verläuft der freie untere Rand der Gelenkkapsel um das Collum radii von einer ventralen Ansatzstelle am Processus coronoideus der Ulna zu einer dorsalen Ansatzstelle an der Basis des Olecranons.

Die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel ist medial und lateral verdickt und bildet so Kollateralbänder (Ligamenta collateralia radiale und ulnare), die die Flexion und Extension des Ellenbogengelenks unterstützen (Abb. 7.72).

Zusätzlich ist die Außenseite der Gelenkkapsel am lateralen Rand verstärkt. Hier umgibt das kräftige **Ligamentum anulare radii** das Radiusköpfchen wie eine Manschette. Das Band ist an den meisten Stellen mit der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel verbunden; nur dorsal verläuft es getrennt davon. Das Ligamentum anulare radii ist lateral außerdem mit dem **Ligamentum collaterale radiale** verbunden.

Abb. 7.72



Ellenbogengelenk. **A**. Gelenkkapsel und Bänder des rechten Ellenbogengelenks. **B**. Magnetresonanztomographie des Ellenbogengelenks in koronarer Schnittführung.

705

706

Durch das Ligamentum anulare radii und die umgebende Gelenkkapsel kann das Radiusköpfchen während der Pro- und Supination in der Incisura radialis der Ulna gleiten und sich auf dem Capitulum humeri drehen.

Die innere Oberfläche der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel und das dazugehörige Ligamentum anulare radii, das mit dem Radiusköpfchen artikuliert, sind mit Gelenkknorpel überzogen. Eine Aussackung der Membrana synovialis (Recessus sacciformis) stülpt sich am Unterrand der Gelenkkapsel aus und erleichtert die Rotation des Radiusköpfchens während der Pro- und Supination.

Die Gefäßversorgung des Ellenbogengelenks erfolgt über ein Gefäßnetz aus Arteriae collaterales und recurrentes der Arteriae brachialis, brachialis profunda sowie ulnaris und radialis.

Das Ellenbogengelenk wird vorwiegend von Ästen der Nervi musculocutaneus und radialis innerviert; es können aber auch Äste des Nervus medianus und des Nervus ulnaris beteiligt sein.

Klinik

Fraktur des Radiusköpfchens

Die Radiusköpfchenfraktur ist eine häufige Verletzung und entsteht typischerweise beim Sturz auf die ausgestreckte Hand. Beim Fallen wird die Kraft auf das Radiusköpfchen übertragen, das dann frakturiert. Die Fraktur führt typischerweise zum Verlust der vollen Streckfähigkeit im Ellenbogengelenk. Mögliche operative Rekonstruktionen können eine langwierige Nachbehandlung nach sich ziehen, um die volle Beweglichkeit des Gelenks wiederherzustellen.

Die seitliche Röntgenaufnahme des Ellenbogengelenks zeigt ein typisches sekundäres Phänomen bei dieser Verletzung. Bei Fraktur eines der am Gelenk beteiligten Knochen füllt sich die Gelenkhöhle mit Flüssigkeit (Ergussbildung), sodass sich kleine Fettkörper zwischen der Fossa olecrani und der Fossa coronoidea hervorheben. Sie sind als durchscheinende Areale in der seitlichen Röntgenaufnahme als sog. Fettpolsterzeichen sichtbar. Dieses Röntgenzeichen kann zur Diagnosestellung hilfreich sein, da Radiusköpfchenfrakturen nicht immer deutlich zu erkennen sind. Bei entsprechendem Unfallmechanismus, druckschmerzhaftem Radiusköpfchen und Fettpolsterzeichen im Röntgenbild muss von einer Fraktur ausgegangen werden, auch wenn kein Frakturspalt erkennbar ist.

Klinik

Durchtrennung der Arteria radialis oder ulnaris

Erwachsene Patienten können eine Durchtrennung der Arteria ulnaris oder radialis erleiden, da diese Arterien relativ nah unter der Oberfläche verlaufen. Ein typischer Verletzungsmechanismus ist der Sturz durch Fensterglas. Glücklicherweise wird aufgrund der doppelseitigen Blutversorgung der Hand der Verlust einer der beiden Arterien ohne größere Probleme toleriert.

Klinik

Suprakondyläre Fraktur des Humerus

Ellenbogenverletzungen im Kindesalter können zu Schrägfrakturen am distalen Humerus direkt oberhalb der Epikondylen führen. Diese Frakturen werden als suprakondyläre Frakturen bezeichnet. Das distale Fragment und die Weichteile werden durch den Musculus triceps brachii nach dorsal gezogen. Die Dislokation kann einen Bogensehneneffekt der Arteria brachialis über dem proximalen Fragment bewirken. Bei Kindern ist dies eine relativ verheerende Verletzung: Die Muskulatur der ventralen Loge wird ischämisch (Kompartimentsyndrom), und es kann zu schweren Kontraktionen kommen, sodass die

Funktion der Muskeln der ventralen Loge und der Flexoren gemindert wird (Volkmann-Kontraktur).

706

707

Klinik

Verletzung des Ellenbogengelenks

Das Ellenbogengelenk kann auf verschiedene Arten geschädigt werden. Die Art der Verletzung ist altersabhängig. Bei Verdacht auf Fraktur oder Weichteiltrauma kann ein einfaches Röntgenbild in zwei Ebenen weiterhelfen. Bei Erwachsenen ist es normalerweise nicht schwer, das Röntgenbild zu interpretieren. Bei Kindern müssen aber zusätzliche Faktoren einbezogen werden.

Während der Entwicklung des Ellenbogens im Kindesalter kommt es zur Ausbildung mehrerer Ossifikationszentren vor und während der Pubertät. Diese Ossifikationszentren können leicht mit Frakturen verwechselt werden. Zusätzlich kann es zur Ablösung (Epiphysiolyse) und Fraktur der Epiphysen kommen. Daher muss der Radiologe bei der Interpretation der Röntgenbilder das Alter des Kindes kennen (Abb. 7.73). Die Fusion der Ossifikationszentren erfolgt etwa zur Pubertät. Die Kenntnis der normalen Epiphysen und Apophysen sowie ihrer normalen Stellung zu den Knochen sichert eine korrekte Diagnostik. Das ungefähre Alter des Kindes beim Auftreten der sekundären Ossifikationszentren des Ellenbogengelenks liegt bei

- Capitulum humeri – 1 Jahr
- Radiusköpfchen – 5 Jahre
- Epicondylus medialis – 5 Jahre
- Trochlea humeri – 11 Jahre
- Olecranon – 12 Jahre
- Epicondylus lateralis – 13 Jahre.

Abb. 7.73



Röntgenbilder der Entwicklung des Ellenbogengelenks. **A**. Im Alter von 2 Jahren. **B**. Im Alter von 5 Jahren. **C**. Im Alter von 5–6 Jahren. **D**. Im Alter von 12 Jahren.

707
708

Klinik

„Pulled elbow“

Diese Verletzung entsteht typischerweise bei Kindern unter fünf Jahren. Sie wird üblicherweise durch einen kräftigen Zug am gestreckten, pronierten Arm des Kindes verursacht. Das noch nicht vollständig entwickelte Radiusköpfchen und die Laxheit des Ligamentum anulare radii ermöglichen eine Subluxation des Radiusköpfchens aus dem Ringband (perianuläre Subluxation des Radiusköpfchens, Chaissaignac-Pseudolähmung, „nurse elbow“). Oftmals wird ein solcher „pulled elbow“ auch als Pronatio dolorosa bezeichnet, da die Luxation extrem schmerzhaft ist; der Arm wird in einer Schonhaltung in Beugung und Pronation gehalten. Die Subluxation kann durch eine einfache Supination unter Zug am Unterarm behoben werden. Nach der Reposition verschwindet der Schmerz sofort, und die Beweglichkeit des Ellenbogens ist wieder frei.

Klinik

Epikondylitis

Es ist nicht ungewöhnlich, dass Menschen, die Tennis oder Golf spielen, Überlastungsbeschwerden am Ansatz der Flexoren- oder Extensorenmuskulatur des Unterarms angeben. Der Schmerz ist typischerweise über den Epikondylen lokalisiert und verschwindet meist bei Schonung. Wenn Schmerz und Entzündung aber persistieren, kann eine operative Ablösung der Muskelansätze vom Knochen nötig sein. Typischerweise entsteht beim Tennisspieler der Schmerz am Epicondylus lateralis, dem Ursprung der Extensoren. Das Krankheitsbild wird „Tennisellenbogen" genannt. Bei Golfern sind die Schmerzen am Epicondylus medialis und damit am Ursprung der Flexoren lokalisiert. Hier wird vom „Golferellenbogen" gesprochen.

Klinik

Ellenbogengelenkarthrose

Arthrose ist eine häufige Erkrankung und betrifft am häufigsten die dominante Extremität. Gelegentlich kann eine Arthrose im Ellenbogengelenk zu derart ausgeprägten degenerativen Veränderungen führen, dass kleine Knochenfragmente am Rand der Gelenkhöhle auftreten (Osteophyten). Aufgrund des geringen Platzes im Gelenk können die Fragmente das Bewegungsmaß des Ellenbogens einschränken. Die Fragmente kommen normalerweise im Bereich der Fossa olecrani oder in der Fossa coronoidea vor.

FOSSA CUBITALIS

Die Fossa cubitalis (Ellenbeuge) ist eine wichtige Übergangsregion vom Ober- zum Unterarm. Sie liegt ventral des Ellenbogengelenks als dreieckige Grube zwischen zwei Unterarmmuskeln:

- dem Musculus brachioradialis, der an der Crista supracondylaris lateralis des Humerus entspringt
- dem Musculus pronator teres mit Ursprung am Epicondylus medialis des Humerus (Abb. 7.74A).

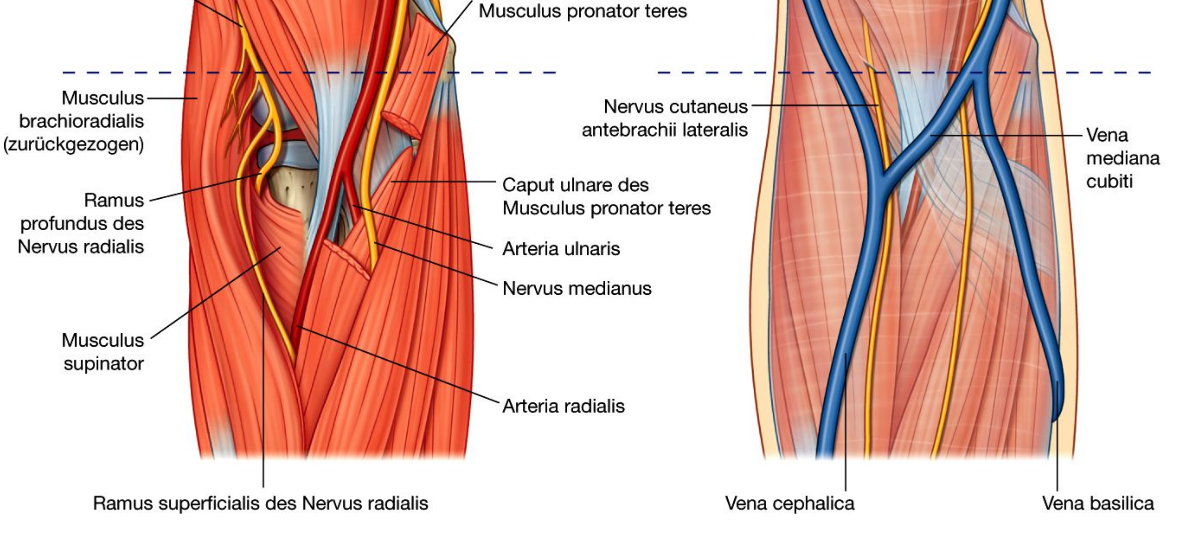
Die Basis des Dreiecks ist eine imaginäre horizontale Linie zwischen dem Epicondylus medialis und dem Epicondylus lateralis des Humerus. Der Boden der Ellenbeuge wird vor allem vom Musculus brachialis gebildet. Als große Strukturen liegen in der Fossa cubitalis von lateral nach medial (Abb. 7.74B):

- die Sehne des Musculus biceps brachii
- die Arteria brachialis
- der Nervus medianus.

Die Arteria brachialis teilt sich normalerweise an der Spitze der Ellenbeuge in Arteria radialis und Arteria ulnaris. Die Teilungsstelle kann aber auch deutlich weiter proximal liegen, gelegentlich sogar in der Axilla (Abb. 7.74B). *Bei der Blutdruckmessung wird das Stethoskop in der Ellenbeuge über der Arteria brachialis platziert.*

708

Abb. 7.74



Fossa cubitalis. **A**. Begrenzungen. **B**. Inhalt. **C**. Lage des Nervus radialis. **D**. Oberflächliche Strukturen.

Der Nervus medianus liegt direkt medial der Arteria brachialis und verlässt die Fossa cubitalis zwischen dem Caput ulnare und dem Caput humerale des Musculus pronator teres (Abb. 7.74C).

Arteria brachialis und Nervus medianus sind ventral von der Aponeurosis musculi bicipitis brachii (Lacertus fibrosus) bedeckt und somit auch geschützt (Abb. 7.74B). Die flache bindegewebige Membran verläuft zwischen dem medialen Rand der Bizepssehne und der Fascia antebrachii. *Der scharfe Rand der Aponeurose ist häufig tastbar. Der Nervus medianus kann in der Ellenbeuge vom Lacertus fibrosus komprimiert oder durch fehlerhafte Injektion geschädigt werden (proximaler Lähmungstyp). Dabei sind Pronation und Greiffunktion der Hand beeinträchtigt (sog. Schwurhand). Außerdem kommt es zu sensiblen und trophischen Störungen in den versorgten Hautgebieten.*

Der Nervus radialis liegt direkt unter dem Rand des Musculus brachioradialis, der die laterale Begrenzung der Fossa cubitalis bildet (Abb. 7.74C). An dieser Stelle teilt sich der Nervus radialis in seine oberflächlichen und tiefen Äste:

- Der Ramus superficialis des Nervus radialis verläuft direkt unterhalb des Musculus brachioradialis weiter in den Unterarm.
- Der Ramus profundus tritt zwischen die beiden Köpfe des Musculus supinator (Supinatorkanal, Frohse-Arkade; Abb. 7.89) in die dorsale Muskelloge des Unterarms. *Am Eintritt in den Supinatorkanal durch die scharfrandige Sehne der Pars superficialis des Musculus supinator (Frohse-Arkade) kann es zum sog. Supinatorkanalsyndrom mit rein motorischen Ausfällen kommen.*

Der Nervus ulnaris verläuft nicht durch die Fossa cubitalis. Stattdessen läuft er dorsal um den Epicondylus medialis humeri.

Das Dach der Fossa cubitalis wird von der oberflächlichen Faszie und Haut gebildet. Die wichtigste Struktur des Ellenbeugendachs ist die Vena mediana cubiti (Abb. 7.74D). Sie verläuft diagonal über die Fossa cubitalis und verbindet die lateral liegende Vena cephalica mit der medial liegenden Vena basilica. Die Aponeurosis musculi bicipitis brachii trennt die Vena mediana cubiti von der Arteria brachialis und dem Nervus medianus. Andere Strukturen des Ellenbeugendachs sind die Hautnerven, Nervus cutaneus antebrachii medialis und Nervus cutaneus antebrachii lateralis.

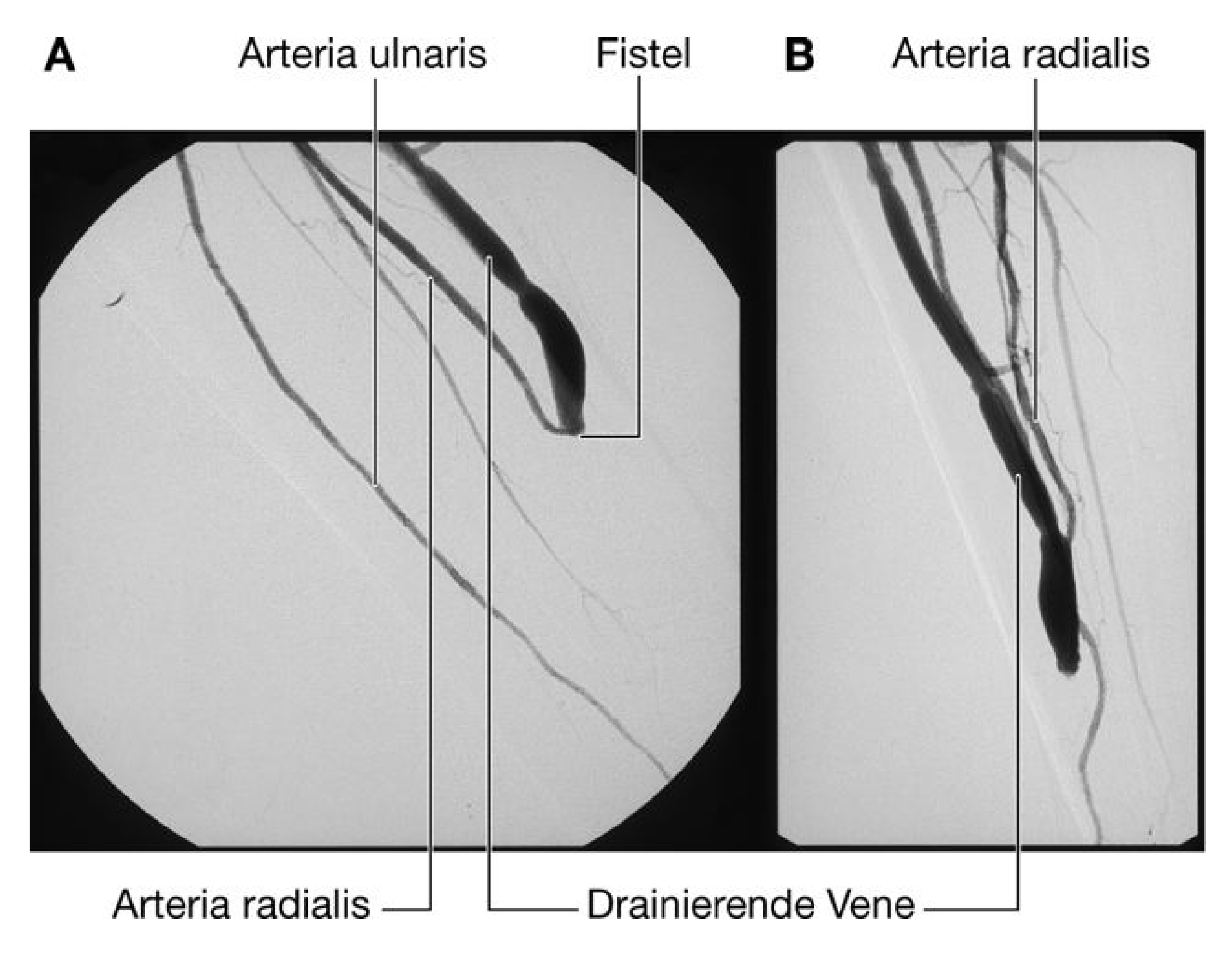
Klinik

Anlage einer Dialysefistel

Bei viele Patienten mit Niereninsuffizienz ist eine Hämodialyse erforderlich. Das Blut wird durch ein Dialysegerät gefiltert und gereinigt. Daher muss das Blut des Patienten entnommen werden, durch ein Filtergerät fließen und anschließend dem Patienten wieder transfundiert werden. Der Dialyseprozess dauert mehrere Stunden, und man benötigt Flussraten von 250–500 ml/min. Um solche großen Mengen an Blut zu entnehmen und wieder zuzuführen, muss das Blut aus Gefäßen mit hoher Flussrate stammen. Da die peripheren Venen eine solche Flussrate nicht erreichen, wird die Voraussetzung operativ geschaffen. Bei den meisten Patienten wird die Arteria radialis am Handgelenk mit der Vena cephalica verbunden (Abb. 7.75), oder Vena brachialis und Vena cephalica werden in der Ellenbeuge miteinander verbunden. Einige Chirurgen benutzen ein arterielles Interponat zwischen den Gefäßen.

Eine neu angelegte Dialysefistel muss zunächst „reifen“. Nach sechs Wochen sind die Venen aufgrund des arteriellen Blutflusses dilatiert und können als Dialysefistel benutzt werden.

Abb. 7.75



Digitale Subtraktionsangiographie (DSA) des Unterarms zur Demonstration einer operativ gebildeten radiozephalen Fistel. **A**. ap-Ansicht. **B**. Ansicht von lateral.

710
711

Klinik

Verletzung des Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris verläuft dorsal des Epicondylus medialis in einem osteofibrösen Kanal (Canalis nervi ulnaris) unterhalb eines Retinaculums. Schädigungsmöglichkeiten des Nervus ulnaris bei seinem Verlauf um den Epicondylus medialis sind Druckschädigungen und Verschiebungen des Nervs im Sulcus nervi ulnaris bei Streckung im Ellenbogengelenk. Ferner kann er bei der Passage des Kubitaltunnels zwischen den Köpfen des Musculus flexor carpi ulnaris eingeklemmt werden. Dabei kommt es zu einem proximalen Lähmungstyp mit Ausfall aller vom Nervus ulnaris innervierten Muskeln (sog. Klauen- oder Krallenhand) sowie zu Sensibilitätsstörungen im ulnaren Bereich des Handrückens und der ulnaren Hohlhand.

UNTERARM

Der Unterarm ist der Teil der oberen Extremität zwischen Ellenbogengelenk und Handgelenk. Proximal verlaufen die meisten wichtigen Strukturen zwischen Ober- und Unterarm durch die Ellenbeuge, die ventral des Ellenbogengelenks liegt (Abb. 7.76). Eine Ausnahme bildet der Nervus ulnaris, der dorsal um den Epicondylus medialis des Humerus verläuft.

Distal treten die wichtigsten Strukturen vom Unterarm durch den Karpaltunnel oder die Guyon-Loge in die Hand (Abb. 7.76). Wichtigste Ausnahme ist die Arteria radialis, die dorsal um das Handgelenk verläuft, um von dort auf die Hand zu gelangen.

Die knöcherne Grundlage des Unterarms sind Radius und Ulna, die parallel zueinander verlaufen (Abb. 7.77 und 7.78). Der Radius liegt lateral und ist proximal am Ellenbogen eher schmal. Distal bildet er mit den Handwurzelknochen das Handgelenk und ist hier breiter.

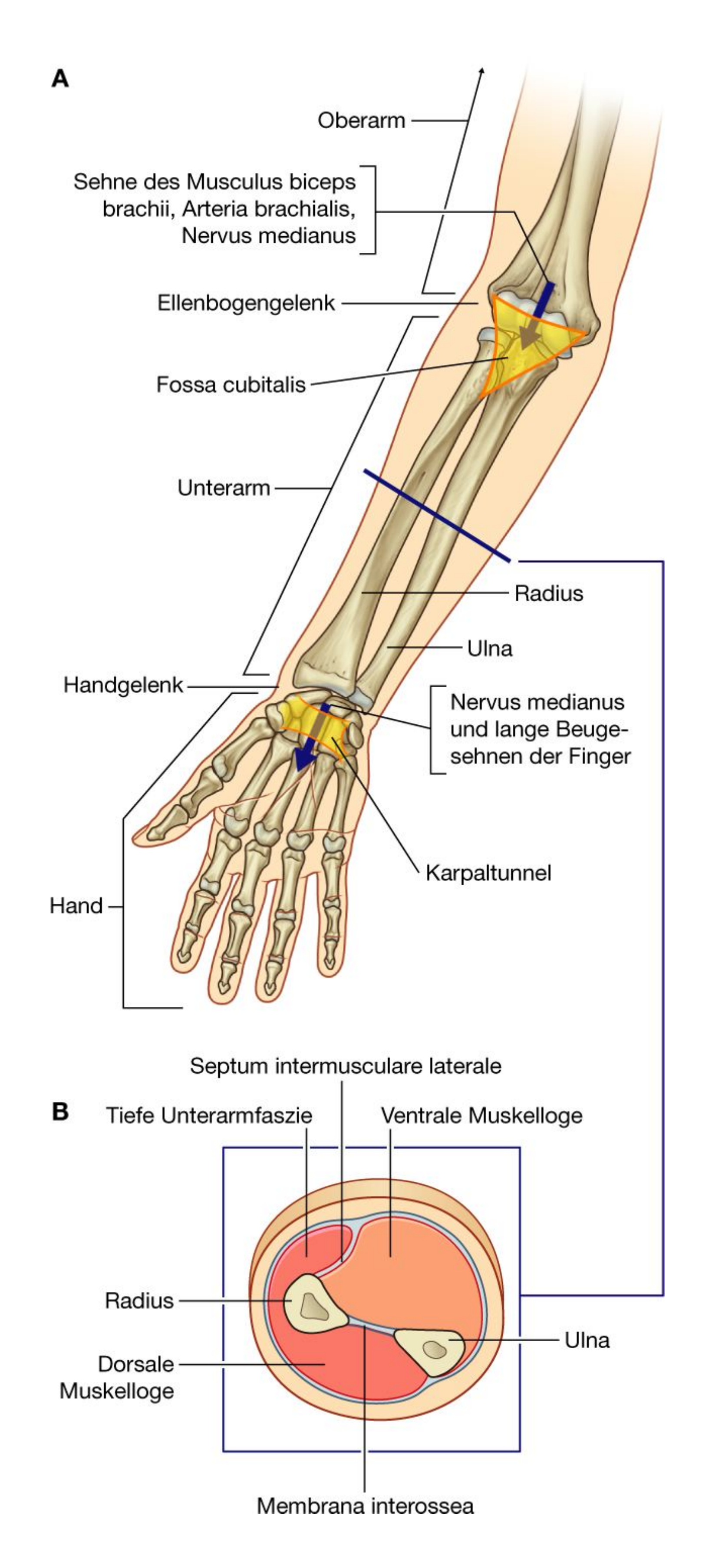
Die Ulna liegt medial im Unterarm. Ihre distalen und proximalen Dimensionen sind denen des Radius genau entgegengesetzt: Die Ulna ist proximal groß und distal schmal. Die proximal und distal zwische Radius und Ulna liegenden Gelenke (Articulationes radioulnares proximalis und distalis) ermöglichen es dem distalen Ende des Radius, über die Ulna zu drehen, sodass die Hand in Pro- und Supination gelangt.

Vergleichbar dem Oberarm ist der Unterarm in eine ventrale und eine dorsale Muskelloge unterteilt (Abb. 7.76). Am Unterarm werden die Logen getrennt durch:

- ein Septum intermusculare laterale, das vom Margo ventralis des Radius zur Fascia antebrachii zieht
- eine Membrana interossea, die die einander zugewandten Anteile von Radius und Ulna miteinander verbindet
- den Ansatz der tiefen Faszie an der Hinterkante der Ulna.

Die Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterarms beugen Handgelenk und Finger und pronieren die Hand. Die

Abb. 7.76



Unterarm. **A**. Proximale und distale Beziehungen des Unterarms. **B**. Querschnitt durch die Mitte des Unterarms.

712

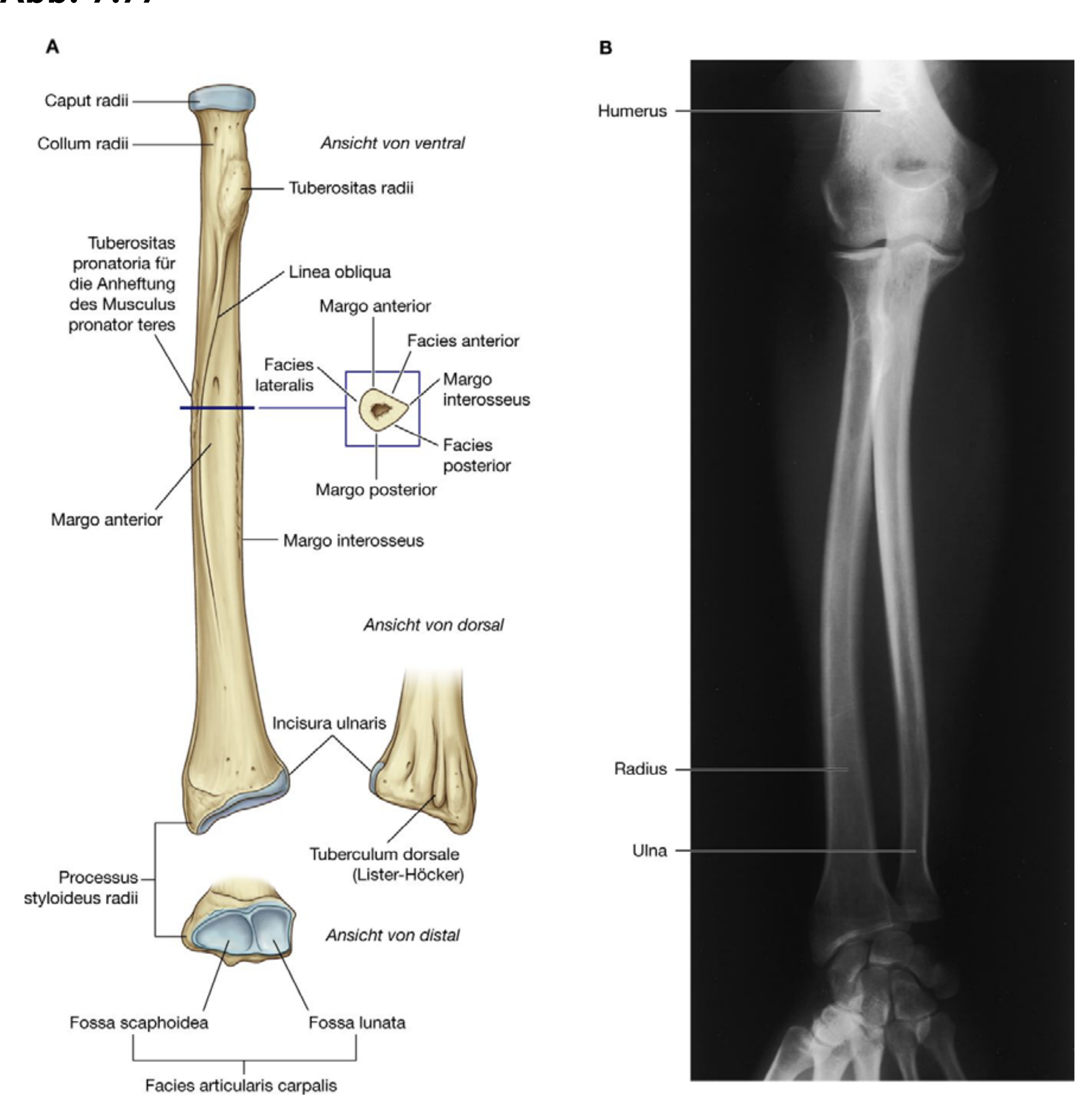
Muskeln der dorsalen Loge strecken das Handgelenk und die Finger und supinieren die Hand.hauptnerven und -gefäße verlaufen in beiden Kompartimenten.

Knochen

Radiusschaft und Extremitas distalis radii

Der Radiusschaft ist proximal an der Stelle, an der er mit der Tuberositas radii und dem Collum radii in Verbindung steht, eher schmal und distal deutlich breiter (Abb. 7.77).

Abb. 7.77



Radius. **A**. Radiusschaft und distales Ende des rechten Radius. **B**. Röntgenbild des Unterarms (ap-Ansicht).

712
713

Der Radiusschaft ist nahezu auf seiner gesamten Länge im Querschnitt dreieckig mit

- drei Grenzen (Margo anterior, Margo posterior und Margo interosseus)
- drei Oberflächen (Facies anterior, Facies posterior und Facies lateralis).

Der **Margo anterior** beginnt auf der medialen Seite des Knochens als Fortsetzung der Tuberositas radii. Im oberen Drittel des Knochens kreuzt die Tuberositas den Knochen von medial nach lateral als Linea obliqua. Der **Margo posterior** ist nur im mittleren Drittel des Knochens deutlich sichtbar. Der **Margo interosseus** ist sehr scharf und dient als Ansatzstrecke für die Membrana interossea, die Radius und Ulna verbindet.

Facies anterior und Facies posterior des Radius sind glatt. Die Facies lateralis besitzt etwa in der Radiusmitte eine ovale Aufrauung, die dem Musculus pronator teres als Ansatzstelle dient.

Beim Blick von ventral auf den Radius ist das distale Ende breit und etwas abgeflacht (Abb. 7.77). Folglich besitzt der Radius eine große Facies anterior und Facies posterior, aber nur schmale mediale und laterale Oberflächen. Die Facies anterior des Radius ist glatt und zeigt lediglich eine scharfe Kante als laterale Begrenzung.

Die **Facies posterior** des Radius ist durch ein großes **Tuberculum dorsale (Tuberculum Listeri, Lister-Höcker)** charakterisiert, das als Hypomochlion für die Sehne des Musculus extensor pollicis longus dient. Die Facies medialis trägt die Gelenkfacette zur Artikulation mit dem distalen Ende der Ulna (Abb. 7.77). Die **Facies lateralis** des Radius ist rautenförmig und erstreckt sich als Processus styloideus radii nach distal.

Das distale Knochenende (Extremitas distalis radii) weist zwei Gelenkfacetten zur Artikulation mit den Handwurzelknochen auf (Fossa scaphoidea und Fossa lunata, die gemeinsam die Facies articularis carpalis bilden).

Ulnaschaft und Extremitas distalis ulnae

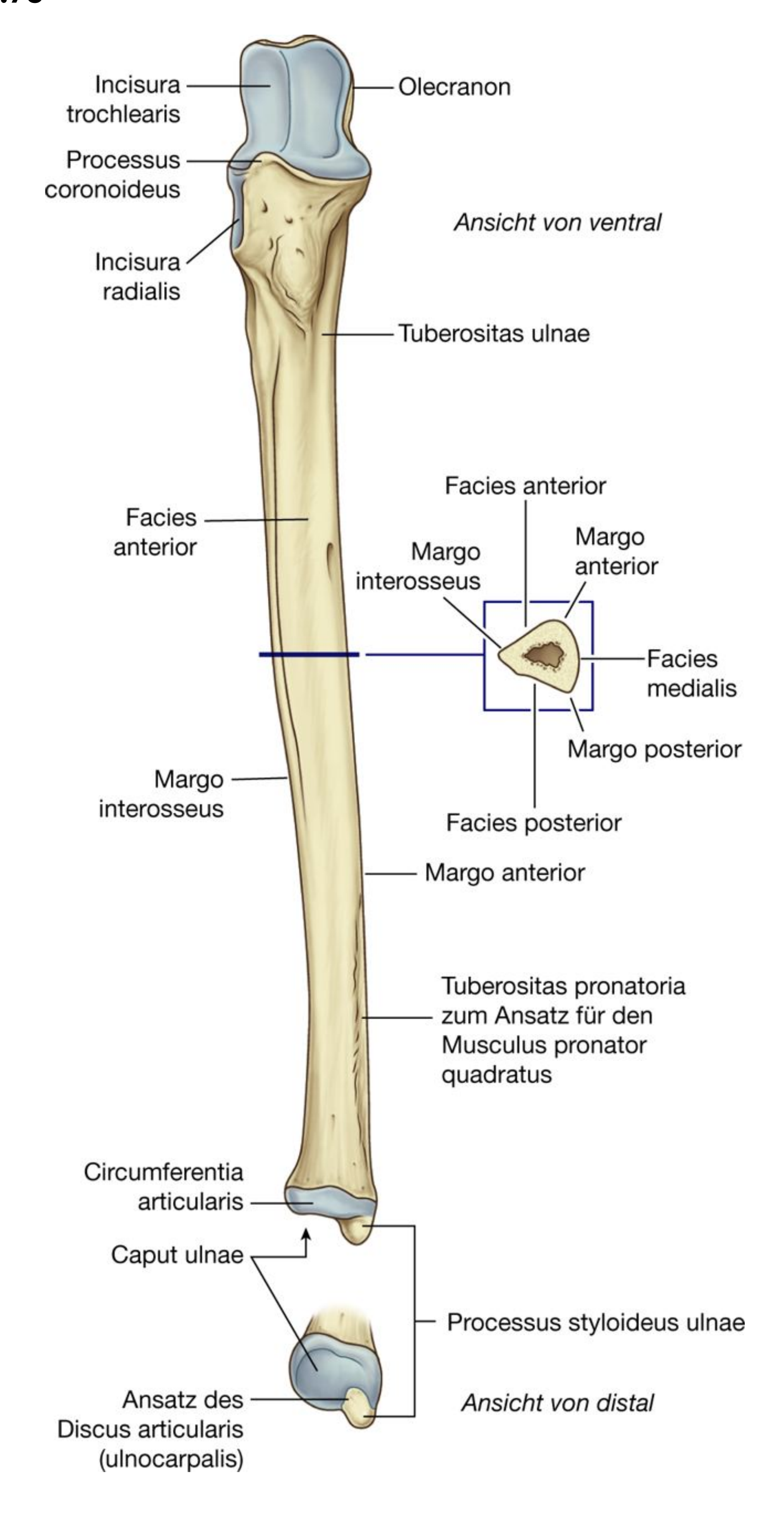
Der proximale Ulnaschaft ist breit. Das distale Ende bildet den schmalen Ulnakopf (Abb. 7.78). Vergleichbar dem Radius ist die Ulna im Querschnitt dreieckig und besitzt

- drei Grenzen (Margo anterior, Margo posterior und Margo interosseus)
- drei Oberflächen (Facies anterior, Facies posterior und Facies medialis).

Der **Margo anterior** ist glatt und rund. *Der**Margo posterior**ist scharfkantig und auf seiner gesamten Länge tastbar*. Der **Margo interosseus** ist ebenfalls scharfkantig und dient als Ansatzlinie für die Membrana interossea, die Ulna und Radius miteinander verbindet.

Die **Facies anterior** der Ulna ist bis auf eine distale Aufrauung (Tuberositas pronatoria), die als Ansatzstelle für den Musculus pronator quadratus dient, glatt. Die **Facies medialis** ist ebenfalls glatt. Die **Facies posterior** ist durch Linien markiert, die verschiedenen Muskeln als Ansatz dienen.

Abb. 7.78



Ulnaschaft und Extremitas distalis der rechten Ulna.

Das distale Ende (Extremitas distalis ulnae) der Ulna ist schmal. Es ist durch einen abgerundeten Kopf sowie den Processus styloideus ulnae (Abb. 7.78) charakterisiert. Der anterolaterale und der distale Anteil des Ulnakopfs sind mit Gelenkknorpel überzogen (Circumferentia articularis zur Artikulation mit dem Radius und Caput ulnae zur Artikulation mit der Handwurzel). Der Processus styloideus ulnae entspringt am dorsomedialen Rand der Ulna und reicht nach distal.

713
714

Klinik

Frakturen von Radius und Ulna

Radius und Ulna stehen proximal mit dem Humerus und distal mit den Handwurzelknochen über komplexe Bänder und Muskeln in Verbindung. Obwohl es sich um einzelne Knochen handelt, bilden sie eine Einheit und agieren gemeinsam. Bei einer schweren Verletzung des Unterarms sind häufig beide Knochen involviert. Entweder kommt es zur Fraktur beider Knochen, oder – weitaus häufiger – es bricht nur ein Knochen und der andere luxiert. Die Art der Verletzung wird durch den Unfallmechanismus und das Alter des Patienten bestimmt.

Man unterscheidet drei klassische Verletzungen von Radius und Ulna:

- Die Monteggia-Fraktur ist eine Fraktur des proximalen Ulnadrittels in Kombination mit einer ventralen Radiusköpfchenluxation am Ellenbogen.
- Die Galeazzi-Fraktur ist eine distale Radiusfraktur, die mit einer Subluxation des distalen Ulnaendes am Handgelenk verbunden ist.
- Die Colles-Fraktur ist eine Extensionsfraktur des distalen Radius mit dorsaler Abkippung des distalen Radiusendes (seltener kann eine Smith-Fraktur = Flexionsfraktur auftreten).

Immer wenn radiologisch eine Fraktur von Radius oder Ulna sichtbar ist, sollten Röntgenbilder von Ellenbogen und Handgelenk angefertigt werden, um weitere Dislokationen auszuschließen.

Gelenke

Articulatio radioulnaris distalis

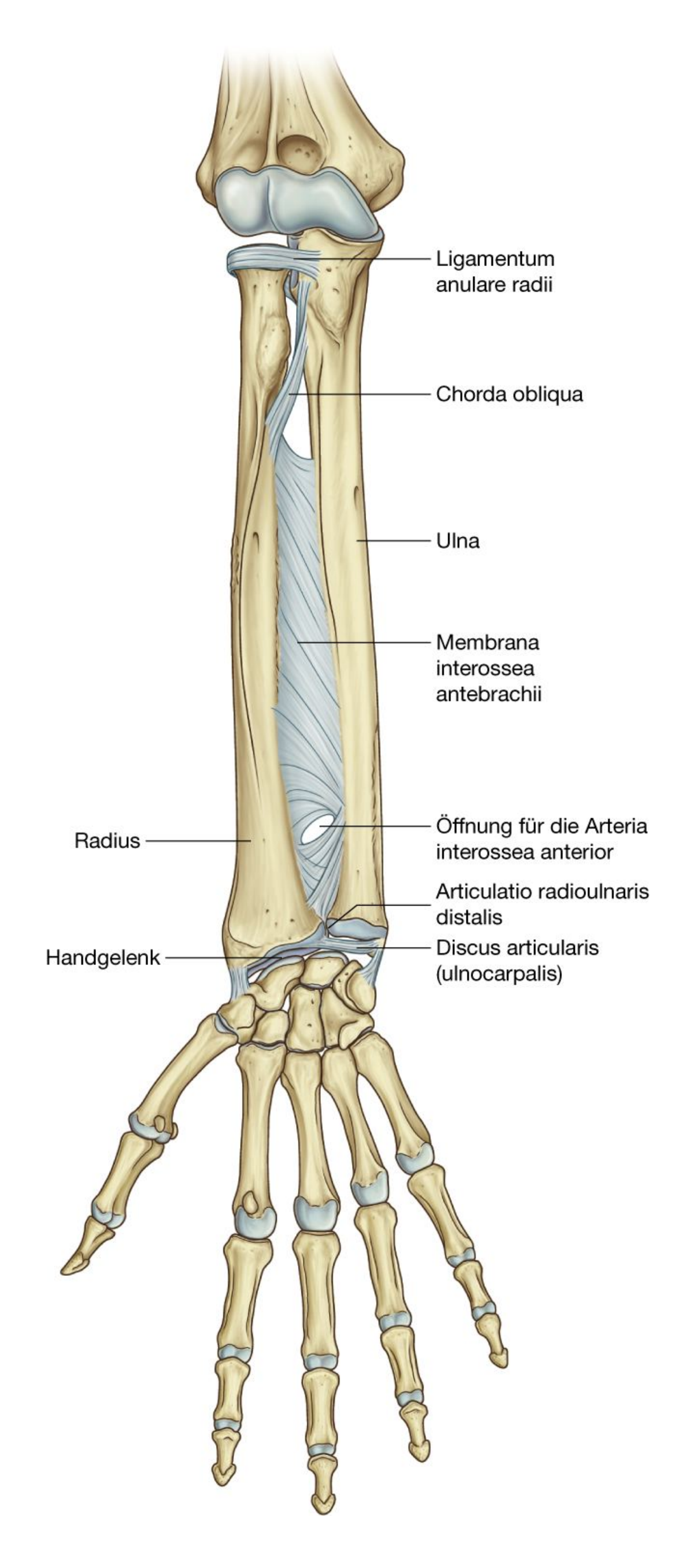
Das distale Radioulnargelenk (Articulatio radioulnaris distalis) besteht zwischen der Circumferentia articularis ulnae und der Incisura ulnaris radii. Distalwärts setzt sich der Discus articularis (Discus ulnocarpalis), der das Radioulnargelenk vom Handgelenk trennt, fort (Abb. 7.79).

Der dreieckige Discus articularis (Faserknorpel) ist mit der Spitze am Processus styloideus ulnae und mit der Basis am distalen Rand der Incisura ulnaris radii angeheftet.

Die Membrana synovialis setzt an den Rändern des distalen Radioulnargelenks an und ist außen von der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel umgeben.

Im distalen Radioulnargelenk bewegt sich das distale Radiusende anteromedial über und um die Ulna.

Abb. 7.79



Articulatio radioulnaris distalis und Membrana interossea.

Membrana interossea antebrachii

Die Membrana interossea ist ein dünnes Bindegewebsblatt, das die mediale und laterale Grenze von Radius und Ulna miteinander verbindet (Abb. 7.79). Die Kollagenfasern der Membran verlaufen vorwiegend von radial-proximal nach ulnardistal.

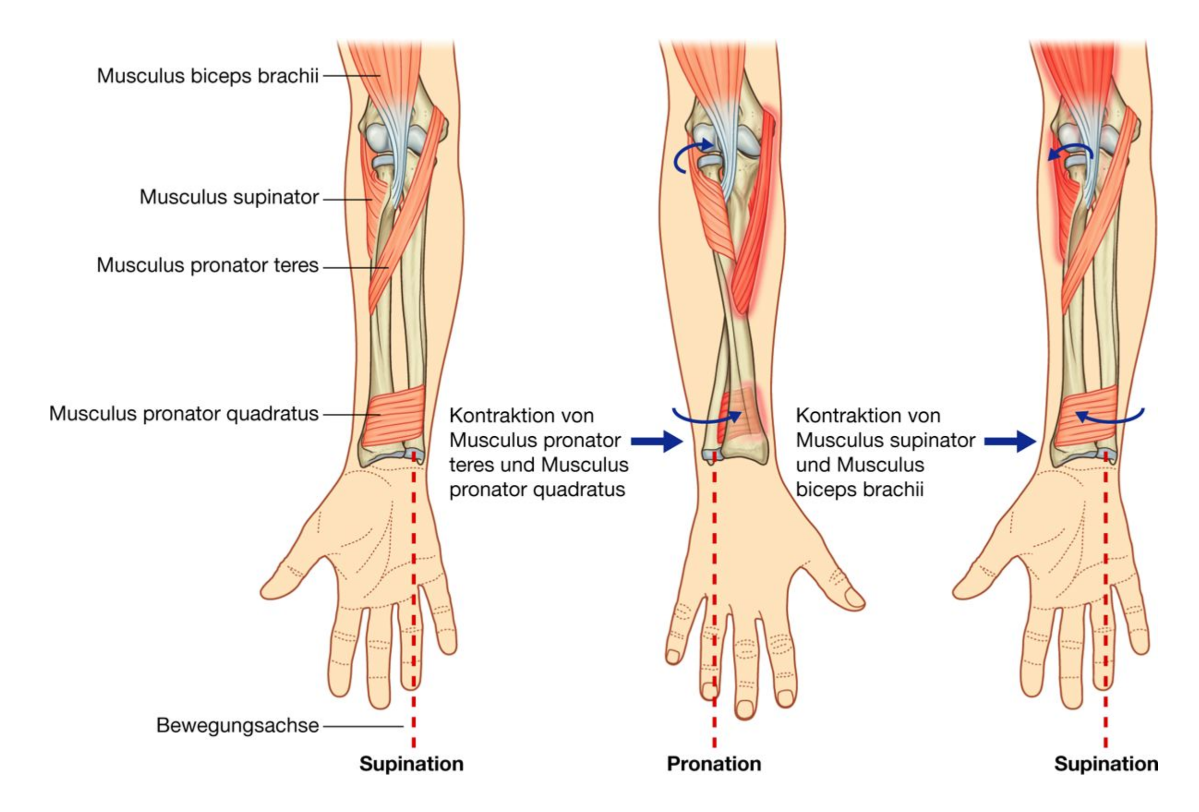
Die Membrana interossea besitzt einen freien Oberrand, der direkt unter der Tuberositas ulnae liegt. Ferner weist sie eine kleine zirkuläre Öffnung im distalen Unterarmdrittel auf. Gefäße, die zwischen der ventralen und dorsalen Loge verlaufen, treten entweder durch die distale Öffnung oder über den freien Rand der Membrana interossea.

Die Membrana interossea verbindet Radius und Ulna, ohne die Pro- und Supination einzuschränken. Ferner dient sie als Anheftungsstelle für Muskeln der ventralen und dorsalen Muskelloge. Die Ausrichtung der Kollagenfasern der Membran erfolgt entsprechend der Kraftübertragung vom Radius zur Ulna. Dadurch wird die Kraft auch vom Unterarm auf die Hand übertragen.

Pronation und Supination

Pro- und Supination der Hand erfolgen ausschließlich am Unterarm und umfassen die Rotation des Radius am Ellenbogengelenk und die Herumführung der Extremitas distalis radii um und über die Ulna (Abb. 7.80).

Abb. 7.80



Pronation und Supination.

Am Ellenbogen dreht sich die distale Gelenkfläche (Fovea trochlearis) auf dem Capitulum humeri, während sich die Circumferentia articularis radii in der Incisura radialis ulnae und dem Ligamentum anulare radii dreht. Im distalen Radioulnargelenk dreht sich die Incisura ulnaris des Radius ventral über die Circumferentia articularis der Ulna. Während der Bewegungen werden die Knochen fixiert durch (Abb. 7.80)

- das Ligamentum anulare radii im proximalen Radioulnargelenk
- die Membrana interossea zwischen Ulna und Radius
- den Discus ulnocarpalis am distalen Radioulnargelenk.

Da die Hand vorwiegend mit dem Radius in Verbindung steht, bewirkt die Bewegung des distalen Radius über die Ulna eine Supination (Handinnenfläche vorn bei am Körper herabhängendem Arm) und Pronation (Handrücken vorn bei am Körper herabhängendem Arm) der Hand.

Zwei Muskeln pronieren und zwei Muskeln supinieren die Hand (Abb. 7.80).

An Pronation und Supination beteiligte Muskulatur

Musculus biceps brachii

Der Musculus biceps brachii ist der größte der vier Muskeln, die an der Pro- und Supination beteiligt sind. Er ist ein kräftiger Supinator und ein kräftiger Beuger im Ellenbogengelenk. Am effektivsten kann er bei gebeugtem Ellenbogengelenk supinieren.

715
716

Musculus supinator

Der zweite an der Supination beteiligte Muskel ist der **Musculus supinator**. Er befindet sich in der dorsalen Muskelloge des Unterarms und hat seinen breiten Ursprung an der Crista musculi supinatoris ulnae, dem Epicondylus lateralis humeri, dem Ligamentum collaterale radiale und dem Ligamentum anulare radii.

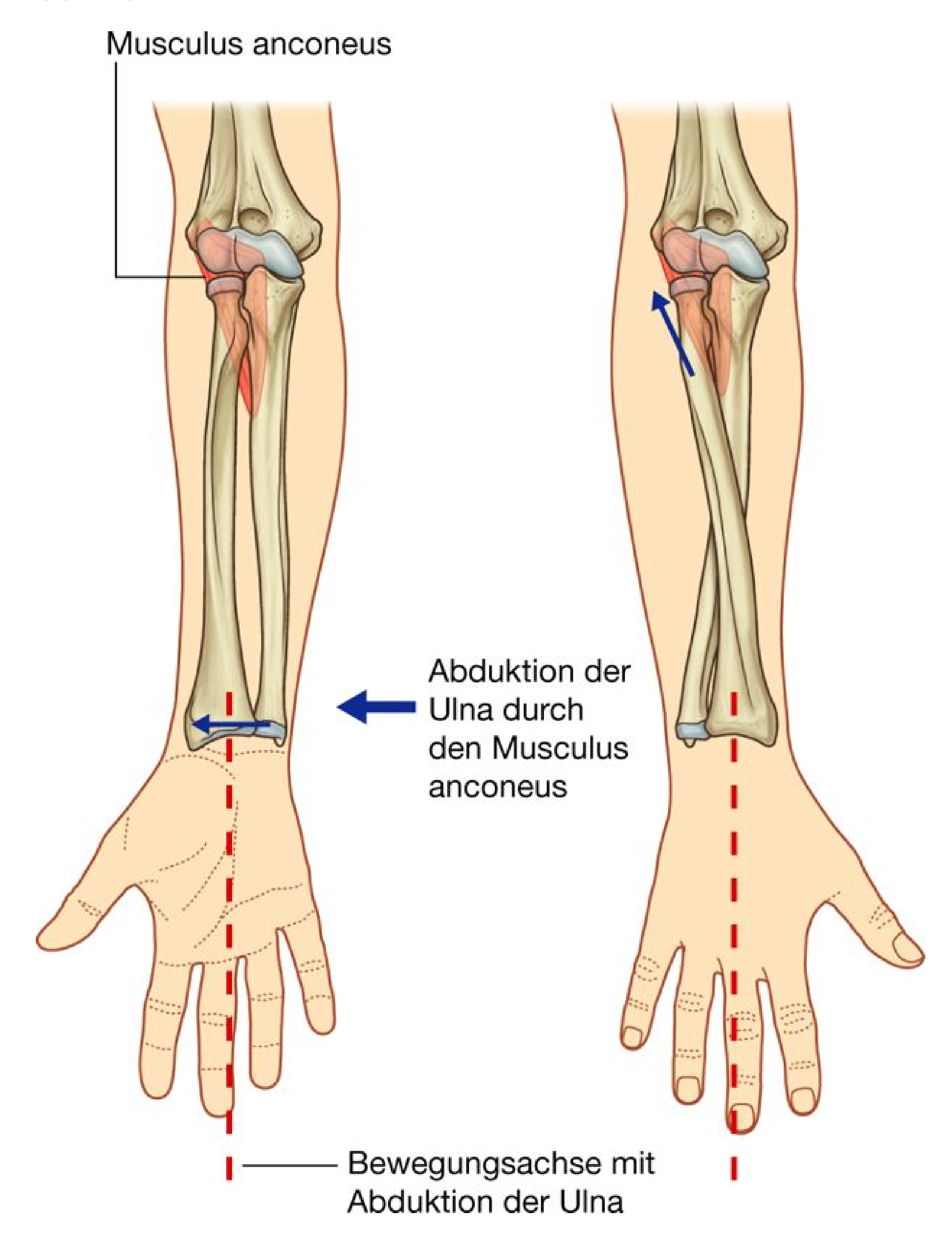
Der Musculus supinator verläuft um die Facies posterior und die Facies lateralis des proximalen Radiusdrittels und hat seinen Ansatz am ventralen Radiusschaft, proximal der Linea obliqua.

Die Sehnen des Musculus biceps brachii und der Musculus supinator werden bei der Pronation der Hand um das proximale Radiusende gewickelt (Abb. 7.80). Werden die Muskeln kontrahiert, wickeln sie sich wieder aus und bewirken die Supination der Hand.

Musculus pronator teres und Musculus pronator quadratus

Die Pronation wird durch eine Kontraktion der **Musculi pronator teres** und **pronator quadratus** bewirkt (Abb. 7.80).

Abb. 7.81



Abduktion des distalen Ulnaendes durch den Musculus anconeus während der Pronation und Supination.

Beide Muskeln liegen in der ventralen Muskelloge des Unterarms:

- Der Musculus pronator teres läuft mit zwei Köpfen vom Epicondylus medialis humeri (Caput humerale) und vom distalen Teil des Processus coronoideus (Caput ulnare) zur Facies lateralis radii etwa in der Mitte des Radiusschafts.

- Der Musculus pronator quadratus verläuft zwischen distaler Facies anterior der Ulna und distaler Facies anterior des Radius.

Bei Kontraktion der Muskeln wird das distale Ende des Radius über die Ulna gezogen; daraus resultiert die Pronation der Hand (Abb. 7.80).

Musculus anconeus

Zusätzlich zur scharnierähnlichen Beugung und Streckung des Ellenbogengelenks erfolgen auch eine geringe Ab- und Adduktion der Ulna, sodass die Position der Handfläche während der Pro- und Supination stabil gehalten wird (Abb. 7.81). Der an dieser Bewegung beteiligte Muskel ist der dreieckige Musculus anconeus in der dorsalen Muskelloge des Unterarms, der vom Epicondylus lateralis humeri zur Facies lateralis der Ulna zieht.

VENTRALE MUSKELLOGE DES UNTERARMS

Muskulatur

Man kann die Muskeln der ventralen Muskelloge des Unterarms in drei Schichten einteilen: oberflächlich, intermediär und tief. Grundsätzlich sind die Muskeln aller drei Schichten beteiligt an

- Bewegungen des Handgelenks
- Flexion der Finger und des Daumens
- Pronation der Hand.

Alle Muskeln der ventralen Muskelloge werden vom Nervus medianus innerviert. Ausnahmen sind der Musculus flexor carpi ulnaris und die mediale Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus, die vom Nervus ulnaris innerviert werden.

Oberflächliche ventrale Muskelgruppe des Unterarms

Alle vier Muskeln der oberflächlichen Schicht – Musculi flexor carpi ulnaris, palmaris longus, flexor carpi radialis und pronator teres – haben ihren gemeinsamen Ursprung am Epicondylus medialis humeri und reichen mit Ausnahme des Musculus pronator teres distal bis in die Hand (Abb. 7.82 und Tab. 7.10).

716

717

Musculus flexor carpi ulnaris

Der **Musculus flexor carpi ulnaris** ist der am weitesten medial gelegene Muskel der oberflächlichen Flexoren. Er besitzt neben dem Ursprung am Epicondylus medialis (Caput humerale) einen langen Ursprung am Olecranon und am Margo posterior der Ulna (Caput ulnare; Abb. 7.82).

Der Nervus ulnaris gelangt in das ventrale Kompartiment des Unterarms, indem er durch eine dreieckige Lücke zwischen Caput ulnare und Caput humerale des Musculus flexor carpi ulnaris verläuft. Die Muskelfasern verbinden sich zu einer gemeinsamen Sehne, die distal am Os pisiforme der Hand ansetzt. Von hier wird die Kraft über die **Ligamenta pisohamatum** und **pisometacarpale** auf das Os hamatum und die Basis des Os metacarpi V übertragen.

Der Musculus flexor carpi ulnaris ist ein kräftiger Beuger und Ulnarabduktor im Handgelenk. Er wird vom Nervus ulnaris innerviert (Tab. 7.10).

Musculus palmaris longus

Der **Musculus palmaris longus**, der bei etwa 20% der Menschen fehlt, liegt zwischen dem Musculus flexor carpi radialis und dem Musculus flexor carpi ulnaris (Abb. 7.82B). Der Muskel ist spindelförmig und besitzt eine lange Sehne, die bis in die Hand läuft und am Retinaculum musculorum flexorum und der Palmaraponeurose (einer kräftigen Schicht der sich in die Hand fortsetzenden Fascia antebrachii) ansetzt, die in die Haut von Hohlhand und Fingern einstrahlt.

Tab. 7.10 Oberflächliche Schicht der ventralen Muskelloge des Unterarms (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus flexor carpi ulnaris	Caput humerale: Epicondylus medialis humeri Caput ulnare: Olecranon und Margo posterior ulnae	Os pisiforme und via Ligamentum pisohamatum am Os hamatum sowie via Ligamentum pisometacarpale an der Basis des Os metacarpi V	Nervus ulnaris C7, **C8**, Th1	Palmarflexion und Ulnarabduktion im Handgelenk
Musculus palmaris longus (fehlt in 20 % der Fälle)	Epicondylus medialis humeri	Palmaraponeurose der Hand	Nervus medianus C7, C8	Unterstützt Palmarflexion und Ulnarabduktion im Handgelenk; da die Palmaraponeurose in die Haut der Hohlhand einstrahlt, vermindert die Kontraktion des Muskels Scherkräfte beim Zufassen
Musculus flexor carpi radialis	Epicondylus medialis humeri	Basis der Ossa metacarpi II und III	Nervus medianus C6, C7	Palmarflexion und Radialabduktion im Handgelenk und Unterstützung der Beugung im Ellenbogengelenk und der Pronation
Musculus pronator teres	Caput humerale: Epicondylus medialis humeri und Crista supracondylaris Caput ulnare: Processus coronoideus ulnae	Facies lateralis radii, Mitte des Humerusschafts	Nervus medianus C6, C7	Pronation der Hand (beide Köpfe); unterstützt Beugung im Ellenbogengelenk (Caput humerale)

Außer der Unterstützung von Palmarflexion und Ulnar-abduktion im Handgelenk reduziert der Musculus palmaris longus Scherkräfte an der Hohlhand beim Zufassen (Tab. 7.10).

Musculus flexor carpi radialis

Der **Musculus flexor carpi radialis** liegt radial vom Musculus palmaris longus und hat eine große, kräftige Sehne in der distalen Unterarmhälfte (Abb. 7.82A und Tab. 7.10). Anders als die Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris, die den medialen Rand des distalen Unterarms

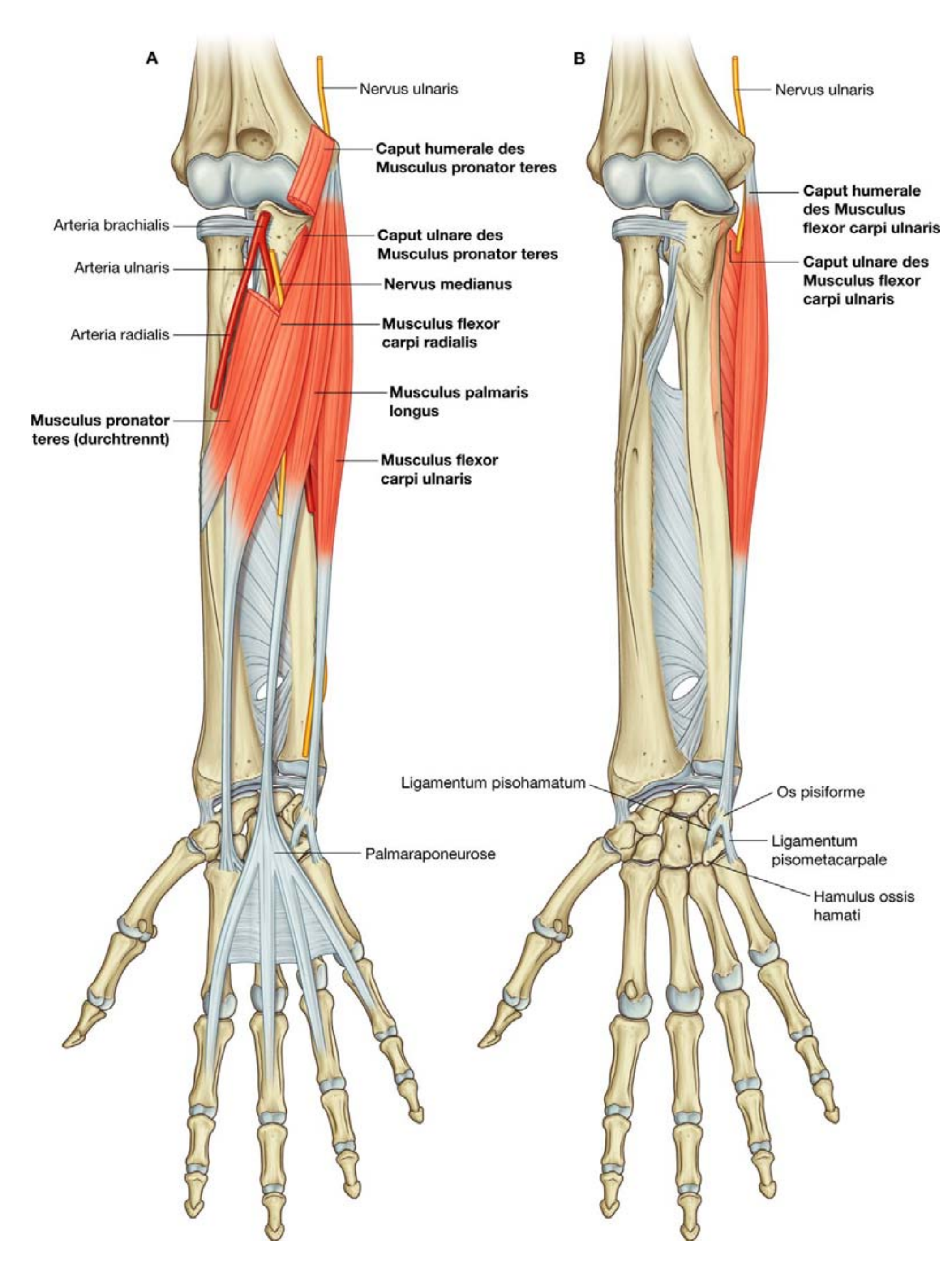
markiert, liegt die Sehne des Musculus flexor carpi radialis etwas neben der Mittellinie. *In dieser Position kann die Sehne leicht getastet werden und dient als Landmarke zum Auffinden des Pulses der Arteria radialis, die direkt radial von der Sehne liegt.*

Die Sehne des Musculus flexor carpi radialis verläuft durch den osteofibrösen Kanal (Karpalkanal) an der radialen Oberfläche des Handgelenks und setzt an der ventralen Oberfläche der Basen der Ossa metacarpi II und III an.

717

718

Abb. 7.82



Oberflächliche Schicht der Unterarmmuskulatur. **A**. Oberflächliche Schicht (Retinaculum musculorum flexorum nicht eingezeichnet). **B**. Musculus flexor carpi ulnaris.

718

Der Musculus flexor carpi radialis bewirkt eine Palmarflexion und eine Radialabduktion im Handgelenk.

Musculus pronator teres

Der **Musculus pronator teres** hat seinen Ursprung am Epicondylus medialis und an der Crista supracondylaris des Humerus (Caput humerale) sowie an einer kleinen Region am medialen Rand des Processus coronoideus ulnae (Caput ulnare; Abb. 7.82A). Der Nervus medianus verlässt häufig die Fossa cubitalis, indem er zwischen den beiden Köpfen des Musculus pronator teres hindurchtritt. Der Muskel kreuzt den Unterarm und setzt etwa in der Mitte des Radiusschafts an einer ovalen Aufrauung an der Facies lateralis des Radius an.

Der Musculus pronator teres bildet die mediale Begrenzung der Fossa cubitalis und rotiert gemeinsam mit dem Musculus pronator quadratus während der Pro- und Supination den Radius über die Ulna (Tab. 7.10).

Intermediäre ventrale Muskelgruppe des Unterarms

Musculus flexor digitorum superficialis

Der Muskel der intermediären Gruppe der ventralen Muskelloge des Unterarms ist der **Musculus flexor digitorum superficialis** (Abb. 7.83). Der große Muskel besitzt zwei Köpfe:

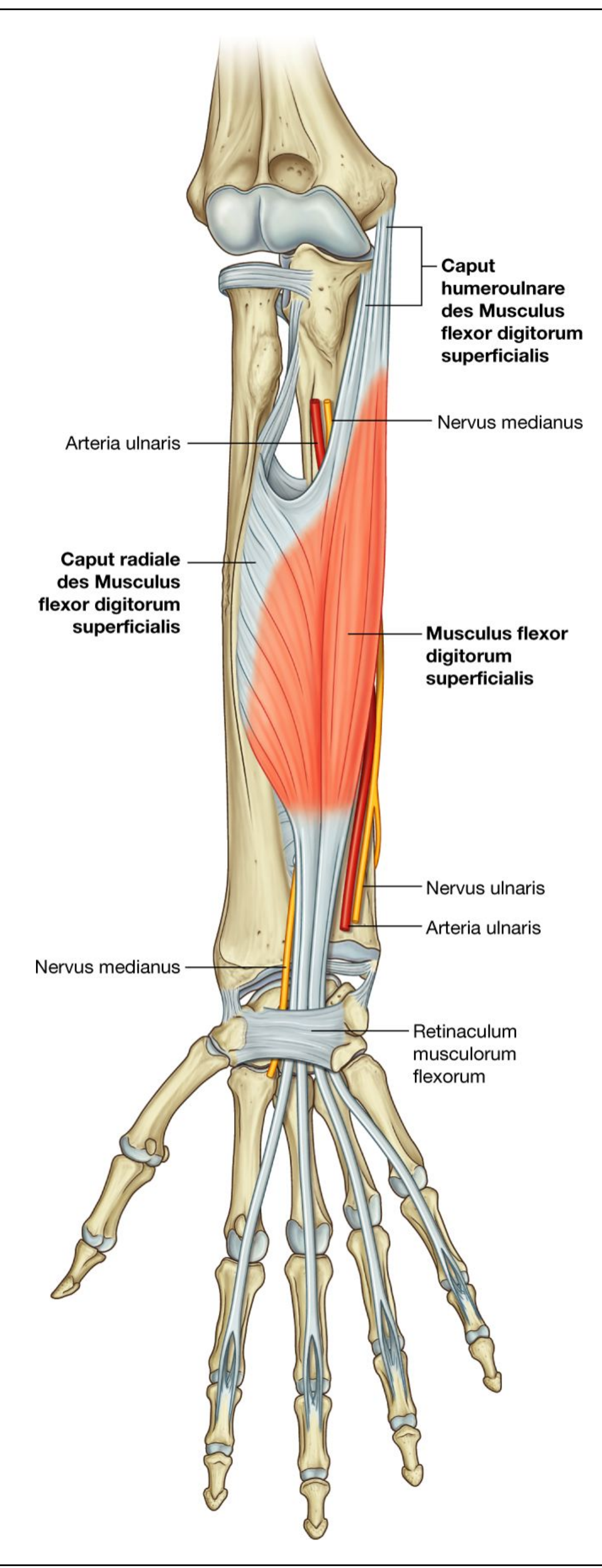
- das Caput humeroulnare, das seinen Ursprung am Epicondylus medialis humeri und am Processus coronoideus ulnae hat
- das Caput radiale, das an der Vorderfläche des Radius an der Linea obliqua entspringt.

Der Nervus medianus und die Arteria ulnaris verlaufen unterhalb des Musculus flexor digitorum superficialis zwischen seinen beiden Köpfen.

Am distalen Unterarm bildet der Musculus flexor digitorum superficialis vier Sehnen aus, die durch den Karpaltunnel laufen und auf die vier Langfinger ziehen. Die Sehnen für den Ring- und Mittelfinger liegen im Karpaltunnel oberhalb der Sehnen für den Zeigefinger und den kleinen Finger.

Am Unterarm, im Karpaltunnel und in den proximalen Langfingern liegen die Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis oberhalb der Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus.

Abb. 7.83


Caput humeroulnare des Musculus flexor digitorum superficialis
Nervus medianus
Arteria ulnaris
Caput radiale des Musculus flexor digitorum superficialis
Musculus flexor digitorum superficialis
Nervus ulnaris
Arteria ulnaris
Nervus medianus
Retinaculum musculorum flexorum

Intermediäre Schicht der Unterarmmuskulatur.

An der Basis der Fingergrundglieder spalten sich die Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis jeweils in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, auf. Durch die entstandene Lücke zieht die jeweilige Sehne des Musculus flexor digitorum profundus zur jeweiligen Phalanxspitze. Die aufgespaltenen Sehnenanteile des Musculus flexor digitorum superficialis verlaufen um die jeweilige Sehne des Musculus flexor digitorum profundus und setzen an den Rändern der Mittelgliedbasen der Finger am Knochen an (Abb. 7.83).

719

720

Der Musculus flexor digitorum superficialis beugt die Metakarpophalangealgelenke und die proximalen Interphalangealgelenke der Langfinger. Außerdem beugt er das Handgelenk (Tab. 7.11).

Tiefe ventrale Muskelgruppe des Unterarms

Drei Muskeln liegen in der tiefen ventralen Unterarmmuskelloge: die Musculi flexor digitorum profundus, flexor pollicis longus und pronator quadratus (Abb. 7.84).

Musculus flexor digitorum profundus

Der **Musculus flexor digitorum profundus** entspringt an der ventralen und medialen Oberfläche der Ulna und der Vorderseite der Membrana interossea antebrachii (Abb. 7.84). Er bildet vier Sehnen, die durch den Karpaltunnel zu den Fingern mit Ausnahme des Daumens ziehen. Die Sehnen liegen vorwiegend unter denen des Musculus flexor digitorum superficialis.

Auf Höhe der Phalanx proximalis der Finger läuft jede Sehne des Musculus flexor digitorum profundus durch eine Lücke, die durch die Aufspaltung der Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis in einen rechten und linken Anteil zustande kommt. Die Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus verlaufen anschließend weiter nach distal und setzen jeweils an der palmaren Fläche der Basis des Endglieds an.

In der Hohlhand entspringen die Musculi lumbricales von den Seiten der Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus.

Der Musculus flexor digitorum profundus wird doppelt innerviert:

- Die radiale Hälfte (assoziiert mit dem Zeige- und Mittelfinger) wird vom Nervus interosseus antebrachii anterior (einem Ast des Nervus medianus) innerviert.
- Die ulnare Hälfte (assoziiert mit dem Ringfinger und dem kleinen Finger) wird vom Nervus ulnaris innerviert.

Der Musculus flexor digitorum profundus beugt die Finger-endgelenke und unterstützt die Flexion der Grund- und Mittelgelenke der Finger sowie des Handgelenks (Tab. 7.12).

Musculus flexor pollicis longus

Der **Musculus flexor pollicis longus** entspringt von der Facies anterior des Radius und der Vorderseite der Membrana interossea antebrachii (Abb. 7.84). Er ist ein kräftiger Muskel, der eine einzelne große Sehne bildet, die radial von den Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus und des Musculus flexor digitorum superficialis durch den Karpaltunnel verläuft und weiter zum Daumen zieht, um an der Basis der Phalanx distalis des Daumens zu inserieren.

Der Musculus flexor pollicis longus beugt den Daumen und wird durch den Nervus interosseus antebrachii anterior (Ast des Nervus medianus) innerviert (Tab. 7.12).

Musculus pronator quadratus

Der **Musculus pronator quadratus** ist ein flacher, quadratischer Muskel am distalen Unterarm (Abb. 7.84). Er entspringt an der Facies anterior der distalen Ulna und verläuft nach radial, um an der flachen Facies anterior des Radius zu inserieren. Er liegt unterhalb der Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus und des Musculus flexor pollicis longus.

Der Musculus pronator quadratus zieht das distale Ende des Radius bei der Pronation über die Ulna. Er wird vom Nervus interosseus antebrachii anterior des Nervus medianus innerviert (Tab. 7.12).

Arterien und Venen

Die größten Arterien des Unterarms verlaufen in der ventralen Muskelloge und ziehen dann weiter nach distal zur Hand. Sie geben Äste ab, die die dorsale Muskelloge versorgen (Abb. 7.85).

Tab. 7.11 Intermediäre Schicht der Muskulatur in der ventralen Muskelloge des Unterarms

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus flexor digitorum superficialis	Caput humeroulnare: Epicondylus medialis humeri und Processus coronoideus der Ulna Caput radiale: Linea obliqua am ventralen Radiusschaft	Vier Sehnen, die an der palmaren Oberfläche der Basen der Phalanx medialis der Finger II –V ansetzen	Nervus medianus C8, Th1	Flexion in den Fingermittelgelenken des Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfingers, Unterstützung der Flexion der Metakarpophalangealgelenke der Langfinger und des Handgelenks

720

Die Arteria brachialis tritt durch die Fossa cubitalis aus dem Ober- in den Unterarm über. An der Spitze der Ellenbeuge teilt sie sich in ihre beiden Hauptäste, die Arteria radialis und die Arteria ulnaris.

Arteria radialis

Die Arteria radialis entspringt etwa auf Höhe des Radiusköpfchens aus der Arteria brachialis und verläuft auf der lateralen Unterarmseite (Abb. 7.85). Sie liegt

- am proximalen Unterarm direkt unterhalb des Musculus brachioradialis
- im mittleren Unterarmdrittel ulnar des Ramus superficialis des Nervus radialis
- im distalen Unterarm ulnar der Sehne des Musculus brachioradialis und wird hier nur von Fascia antebrachii und der Haut bedeckt.

Am distalen Unterarm liegt die Arteria radialis direkt radial der Sehne des Musculus flexor carpi radialis und oberhalb des Musculus pronator quadratus (Abb. 7.85). *Am distalen Unterarm ist die Arteria radialis lokalisierbar, indem man den Musculus flexor carpi radialis als Landmarke nutzt. Der Radialispuls kann getastet werden, wenn man die Arterie vorsichtig gegen den darunterliegenden Muskel und Knochen drückt.*

Die Arteria radialis verlässt den Unterarm, läuft um die radiale Seite des Handgelenks und tritt von dorsoradial zwischen der Basis der Ossa metacarpi I und II zur Hand (Abb. 7.85). Äste der Arteria radialis in der Hand liefern die Hauptblutversorgung für den Daumen und die radiale Seite des Zeigefingers.

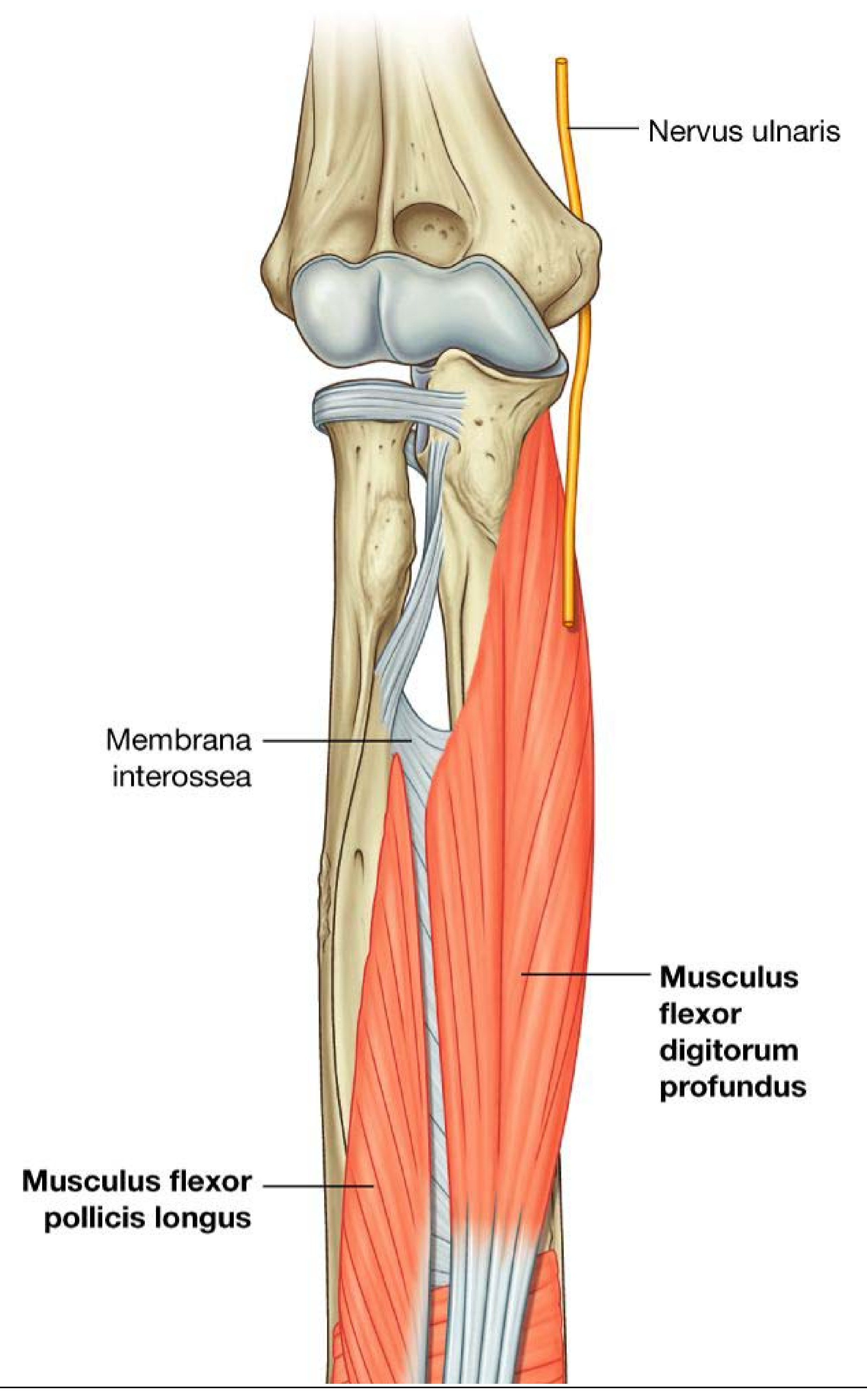
Äste der Arteria radialis am Unterarm sind:

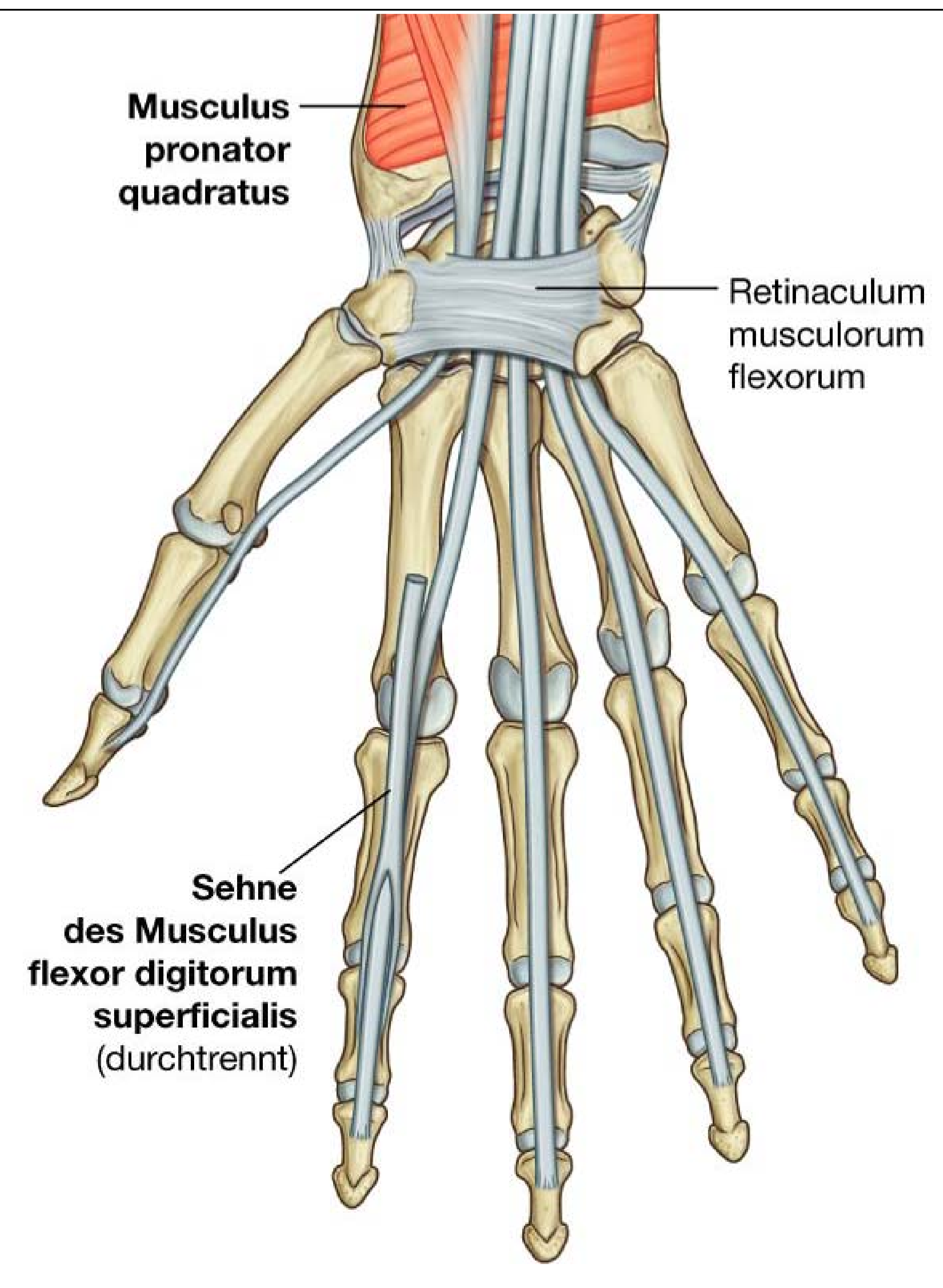
- die **Arteria recurrens radialis**, die zum Gefäßnetzwerk des Ellenbogengelenks (Rete articulare cubiti) beiträgt und zahlreiche Muskeläste zum radialen Unterarm abgibt (Abb. 7.65B)
- ein kleiner **Ramus carpalis palmaris**, der zu einem Gefäßnetzwerk beiträgt, das die Handwurzelknochen und Handwurzelgelenke versorgt
- der **Ramus palmaris superficialis**, der durch die oder oberhalb von den Thenarmuskeln an der Basis des Daumens auf die Hand gelangt (Abb. 7.85). Er anastomosiert mit dem Arcus palmaris superficialis, der von der Arteria ulnaris gebildet wird.

Arteria ulnaris

Die Arteria ulnaris ist kräftiger als die Arteria radialis und verläuft auf der ulnaren Unterarmseite (Abb. 7.85). Sie verlässt die Ellenbeuge unterhalb des Musculus pronator teres und verläuft am Unterarm in der Ebene zwischen Musculus flexor carpi ulnaris und Musculus flexor digitorum profundus.

Abb. 7.84


Nervus ulnaris
Membrana
interossea
Musculus
flexor
digitorum
profundus
Musculus flexor
pollicis longus



Tiefe Schicht der ventralen Unterarmmuskeln.

721

Tab. 7.12 Tiefe Schicht der Muskeln in der ventralen Muskelloge des Unterarms (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus flexor digitorum profundus	Ventrale und mediale Oberfläche der Ulna und Vorderseite der Membrana interossea antebrachii	Vier Sehnen an der palmaren Oberfläche der Basis der Phalanx distalis der Finger II–V	Nervus interosseus antebrachii anterior aus Nervus medianus (laterale Hälfte), Nervus ulnaris (mediale Hälfte) **C8**, Th1	Flexion der Endgelenke der Finger und Unterstützung der Flexion der Grund- und Mittelgelenke der Finger und Palmarflexion des Handgelenks; Unterstützung der Adduktion der gespreizten Finger
Musculus flexor pollicis longus	Facies anterior radii und Vorderseite der Membrana interossea antebrachii	Palmare Basis der Phalanx distalis des Daumens	Nervus interosseus antebrachii anterior aus Nervus medianus C7, **C8**	Flexion im Grund- und Endgelenk des Daumens; Unterstützung der Oppositionsbewegung im Daumensattelgelenk und Unterstützung der Flexion und Radialabduktion im Handgelenk
Musculus pronator quadratus	Facies anterior der distalen Ulna	Facies anterior des distalen Radius	Nervus interosseus antebrachii anterior des Nervus medianus C7, **C8**	Pronation

Am distalen Unterarm liegt die Arteria ulnaris häufig unter dem anteroradialen Rand der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris und ist daher nicht einfach zu tasten.

In den distalen Regionen des Unterarms liegt der Nervus ulnaris direkt medial der Arteria ulnaris.

Die Arteria ulnaris verlässt den Unterarm und verläuft lateral um das Os pisiforme und oberhalb des Retinaculum musculorum flexorum des Handgelenks auf die Hohlhand (Abb. 7.85). Sie ist häufig die Hauptblutversorgung der ulnaren dreieinhalb Finger.

Äste der Arteria ulnaris am Unterarm sind:

- die **Arteria recurrens ulnaris** mit einem **Ramus anterior** und einem **Ramus posterior**, die zum Rete articulare cubiti beitragen

- zahlreiche kleine Äste zur umgebenden Muskulatur
- die **Arteria interossea communis** (Abb. 7.65B), die sich in die Arteria interossea anterior und die Arteria interossea posterior teilt (Abb. 7.85)
- zwei kleine Handarterien **(Ramus carpalis dorsalis** und **Ramus carpalis palmaris)**, die das Handgelenk versorgen.

Die **Arteria interossea posterior** läuft nach dorsal über den proximalen Rand der Membrana interossea in die dorsale Muskelloge des Unterarms.

Die **Arteria interossea anterior** läuft auf der Membrana interossea nach distal und versorgt die Muskeln des tiefen Kompartiments sowie Radius und Ulna. Zahlreiche ihrer Äste perforieren die Membrana interossea und versorgen die tiefe Muskulatur der dorsalen Muskelloge. Außerdem besitzt sie einen kleinen Ast, der zum Gefäßnetzwerk der Handwurzelknochen und -gelenke beiträgt. Die Arteria interossea anterior endet am distalen Unterarm, wo sie durch die Membrana interossea tritt und sich mit der Arteria interossea posterior verbindet.

Venen

Die tiefen Venen der ventralen Muskelloge des Unterarms begleiten in der Regel die Arterien und drainieren das Blut in der Ellenbeuge in die Venae brachiales, die gemeinsam mit der Arteria brachialis verlaufen.

Nerven

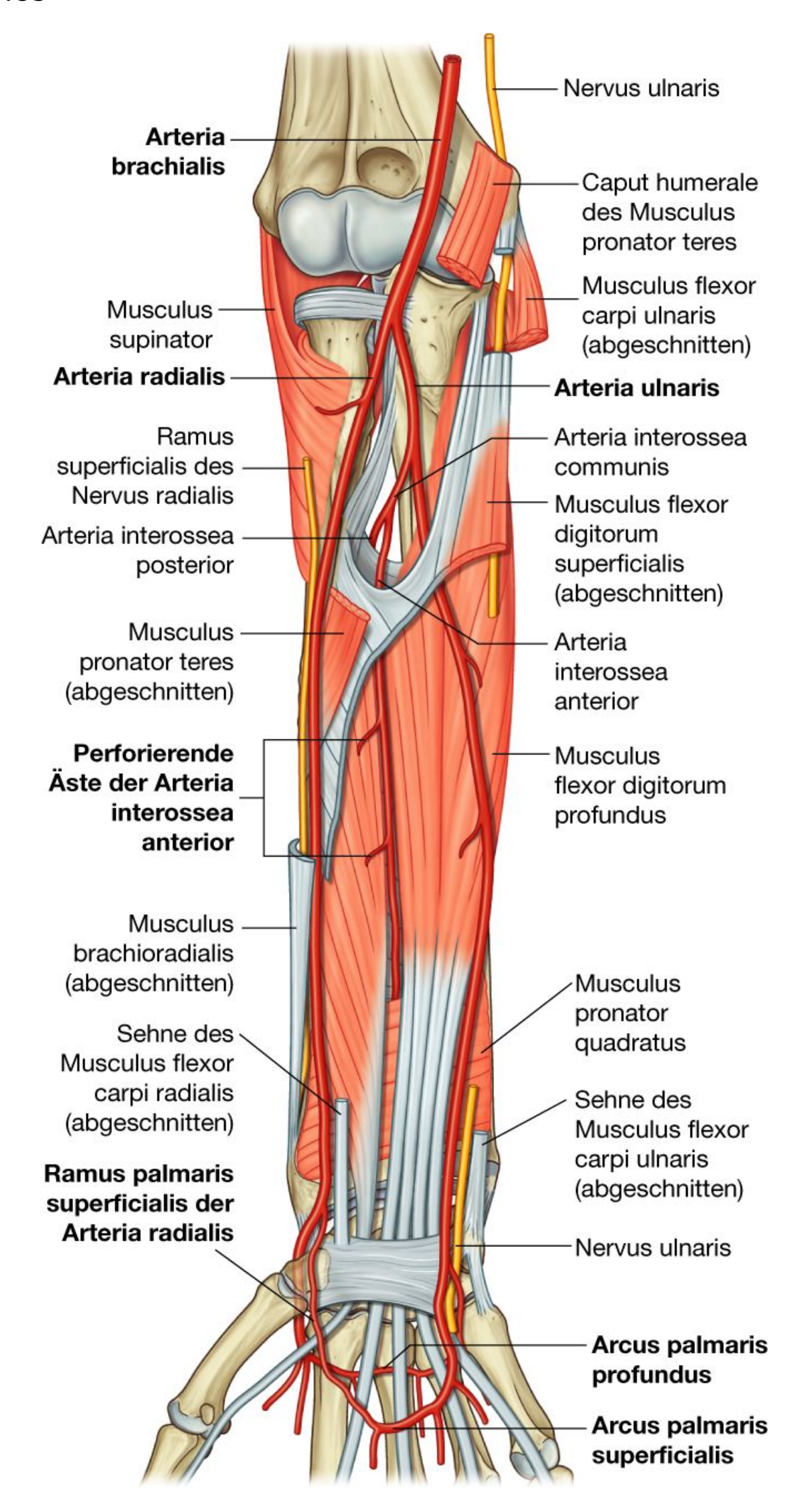
Die Nerven der ventralen Muskelloge des Unterarms sind der Nervus medianus und der Nervus ulnaris sowie der Ramus superficialis des Nervus radialis (Abb. 7.86).

Nervus medianus

Der Nervus medianus innerviert die Muskulatur der ventralen Loge mit Ausnahme des Musculus flexor carpi ulnaris und des medialen Anteils des Musculus flexor digitorum 722 profundus. Er verlässt die Fossa cubitalis durch die beiden Köpfe des Musculus pronator teres 723 und läuft dann weiter zwischen dem Caput humeroulnare und dem Caput radiale des Musculus flexor digitorum profundus (Abb. 7.86).

Anschließend zieht der Nervus medianus innerhalb der Fascia antebrachii auf der Unterfläche des Musculus flexor digitorum superficialis in einer geraden Linie durch den Unterarm nach distal. Direkt proximal des Handgelenks verläuft er um den radialen Muskelrand, um dann oberflächlich zwischen die Sehnen des Musculus palmaris longus und des Musculus flexor carpi radialis zu gelangen. Der Nervus medianus verlässt den Unterarm durch den Karpaltunnel (Canalis carpi, Karpalkanal).

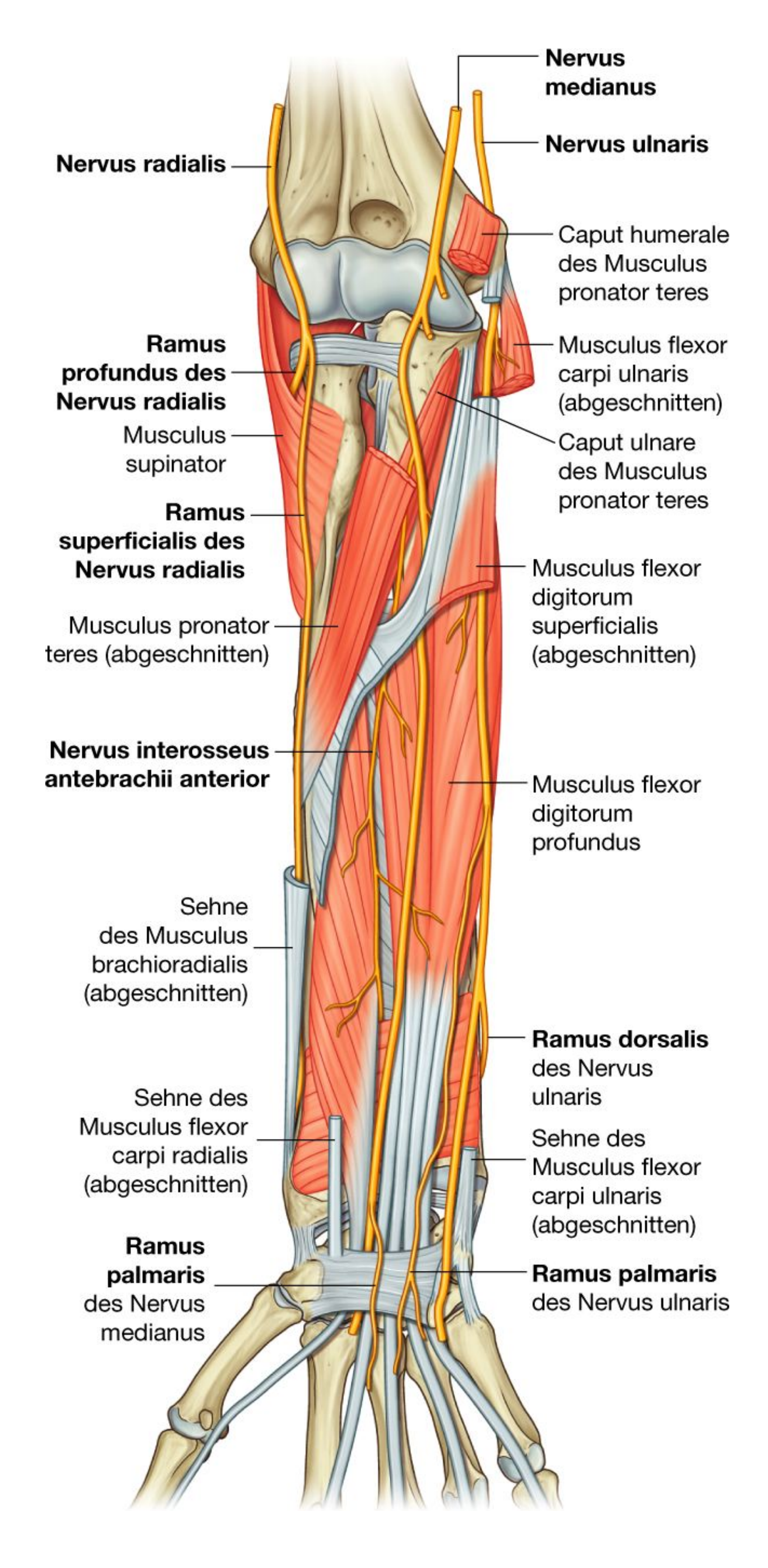
Abb. 7.85



Arterien der ventralen Muskelloge des Unterarms.

Die meisten Äste des Nervus medianus entspringen auf der ulnaren Seite in der oberflächlichen und intermediären Schicht der ventralen Muskelloge direkt unterhalb des Ellenbogengelenks:

Abb. 7.86



Nerven des ventralen Unterarms.

- Der größte Ast des Nervus medianus am Unterarm ist der **Nervus interosseus antebrachii anterior**, der seinen Ursprung zwischen den beiden Köpfen des Musculus pronator teres hat (Pronatorkanal) und zusammen mit der Arteria interossea anterior distalwärts verläuft. Er innerviert die Muskulatur der tiefen Schicht der ventralen Muskelloge (Musculus flexor pollicis longus, laterale Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus, Musculus pronator quadratus) und endet mit Gelenkästen am distalen Unterarm und am Handgelenk. *Im Pronatorkanal kann es zu einer Kompression des Nervus interosseus antebrachii anterior beispielsweise durch variable akzessorische Sehnenverbindungen benachbarter Muskeln oder durch die Ursprungssehne des Caput ulnare des Musculus pronator teres kommen (mittlerer Lähmungstyp). Dies führt häufig zu Schmerzen im proximalen palmarseitigen Unterarmbereich sowie einer Beugeschwäche der Musculi flexor pollicis longus und flexor digitorum profundus mit Schreibschwierigkeiten und der Unfähigkeit, mit den Fingern ein „O" zu formen.*

723
724

- Ein kleiner **Ramus palmaris** entspringt vom Nervus medianus am distalen Unterarm direkt proximal des Retinaculum musculorum flexorum (Abb. 7.86). Anschließend verläuft der Ramus palmaris oberflächlich auf die Hand und innerviert die Haut über der proximalen und mittleren Hohlhand. *Dieser palmare Ast wird beim Karpaltunnelsyndrom ausgespart, da er oberhalb des Retinaculum musculorum flexorum zur Hand gelangt.*

Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris verläuft durch den Unterarm zur Hand, an der er die meisten seiner Äste abgibt. Am Unterarm innerviert der Nervus ulnaris nur den Musculus flexor carpi ulnaris und den medialen Anteil des Musculus flexor digitorum profundus (Abb. 7.86).

Der Nervus ulnaris tritt in die ventrale Muskelloge, indem er dorsal um den Epicondylus medialis des Humerus zieht und dann zwischen dem Caput humerale und dem Caput ulnare des Musculus flexor carpi ulnaris verläuft. Nachdem der Nerv auf der medialen Seite des Unterarms in der Ebene zwischen dem Musculus flexor carpi ulnaris und dem Musculus flexor digitorum profundus nach distal gelangt ist, liegt er proximal des Handgelenks unter dem lateralen Rand der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris.

Die Arteria ulnaris liegt in den zwei distalen Dritteln des Unterarms radial vom Nervus ulnaris. Sowohl der Nerv als auch die Arterie treten oberflächlich vom Retinaculum musculorum flexorum und direkt radial vom Os pisiforme in die Hand (Abb. 7.86).

Am Unterarm entspringen aus dem Nervus ulnaris

- **Muskeläste** zum Musculus flexor carpi ulnaris und zur medialen Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus, und zwar unmittelbar nach Eintritt des Nervs in den Unterarm
- zwei kleine Hautäste. Der **Ramus palmaris** entspringt im mittleren Unterarm und läuft auf die Hand, wo er die Haut auf der medialen Hohlhandseite innerviert. Der größere

Ramus dorsalis geht im distalen Unterarm vom Nervus ulnaris ab, tritt unter der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris hindurch und innerviert die Haut auf dem dorsomedialen Handrücken und den streckseitigen medialen eineinhalb Fingern.

Nervus radialis

Der Nervus radialis teilt sich unter dem Rand des Musculus brachioradialis in der Ellenbeuge in einen tiefen und einen oberflächlichen Ast (Abb. 7.86).

- Der **Ramus profundus** führt vorwiegend motorische Fasern und verläuft zwischen den beiden Köpfen des Musculus supinator (im Supinatorkanal), um die Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Unterarms zu erreichen und zu innervieren.
- Der **Ramus superficialis** führt sensible Fasern. Er verläuft zusammen mit der Arteria radialis entlang dem anteroradialen Unterarm nach distal, und zwar direkt unterhalb des Musculus brachioradialis. Etwa im letzten Drittel des Unterarms zieht der Ramus superficialis des Nervus radialis nach lateral und dorsal um den radialen Unterarm. Er verläuft weiter zur Hand, wo er die Haut über der dorsoradialen Oberfläche innerviert (radialen dreieinhalb Finger mit Ausnahme der Fingerendglieder).

DORSALE MUSKELLOGE DES UNTERARMS

Muskulatur

Die Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Unterarms kommt in zwei Schichten vor, einer oberflächlichen und einer tiefen Schicht. Die Muskeln bewirken

- Bewegung des Handgelenks
- Streckung der Finger und des Daumens
- Supination.

Alle Muskeln der dorsalen Loge des Unterarms werden durch den Nervus radialis innerviert.

Oberflächliche Schicht der dorsalen Unterarmmuskulatur

Die sieben Muskeln der oberflächlichen Schicht sind die Musculi brachioradialis, extensor carpi radialis longus, extensor carpi radialis brevis, extensor digitorum, extensor digiti minimi, extensor carpi ulnaris und anconeus (Abb. 7.87). Sie entspringen alle an der Crista supracondylaris und dem Epicondylus lateralis des Humerus und ziehen mit Ausnahme des Musculus brachioradialis und des Musculus anconeus mit ihren Sehnen auf das Dorsum manus (Handrücken).

724

Musculus brachioradialis

Der **Musculus brachioradialis** entspringt am Margo lateralis des Humerusschafts und verläuft durch den Unterarm. Hier inseriert er an der radialen Seite des distalen Radiusendes proximal des Processus styloideus radii (Abb. 7.87).

In der anatomischen Normalstellung ist der Musculus brachioradialis Teil der Muskelmasse, die die anterolaterale Oberfläche des Unterarms bedeckt. Er bildet die laterale Begrenzung der Fossa cubitalis.

Da der Musculus brachioradialis ventral des Ellenbogengelenks liegt, fungiert er als akzessorischer Flexor im Ellenbogengelenk, obwohl er in der dorsalen Muskelloge verläuft. Er wirkt in Neutral-Null-Stellung des Unterarms am kräftigsten und bildet bei Bewegung gegen Widerstand einen deutlichen Muskelbauch aus. Außerdem unterstützt er die Pronation bei supiniertem Unterarm sowie die Supination bei proniertem Unterarm.

Der Nervus radialis verlässt die dorsale Oberarmloge unterhalb des Musculus brachioradialis, tritt in den distalen Oberarm und innerviert den Musculus brachioradialis. Lateral der Ellenbeuge liegt der Musculus brachioradialis über dem Nervus radialis und dessen Bifurkation in den Ramus profundus und den Ramus superficialis. Weiter distal läuft der Musculus brachioradialis dann über den Ramus superficialis des Nervus radialis und die Arteria radialis (Tab. 7.13).

Musculus extensor carpi radialis longus

Der **Musculus extensor carpi radialis longus** entspringt an der Crista supracondylaris lateralis und am Margo lateralis des Humerus. Seine Sehne inseriert an der dorsalen Basis des Os metacarpi II (Abb. 7.87). Proximal liegt er unterhalb des Musculus brachioradialis.

Der Musculus extensor carpi radialis longus bewirkt eine Dorsalextension und eine Radialabduktion des Handgelenks. Außerdem unterstützt er den Faustschluss durch Stabilisierung der Handgelenke. Er wird vom Nervus radialis vor dessen Aufteilung in die Rami profundus und superficialis innerviert (Tab. 7.13).

Musculus extensor carpi radialis brevis

Der **Musculus extensor carpi radialis brevis** entspringt am Epicondylus lateralis humeri. Seine Sehne inseriert an der dorsalen Oberfläche der Basis des Os metacarpi III und/oder II (Abb. 7.87). Der Musculus extensor carpi radialis brevis verläuft überwiegend unterhalb des Musculus extensor carpi radialis longus.

Der Musculus extensor carpi radialis brevis bewirkt eine Dorsalextension und Radialabduktion des Handgelenks. Er wird durch den Ramus profundus des Nervus radialis innerviert, bevor der Nerv im Supinatorkanal (zwischen den beiden Köpfen des Musculus supinator) verschwindet (Tab. 7.13).

Musculus extensor digitorum

Der **Musculus extensor digitorum** ist der Hauptstrecker der Finger mit Ausnahme des Daumens (Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger). Er entspringt am Epicondylus lateralis des Humerus und bildet vier Sehnen, die jeweils auf einen der Finger ziehen (Abb. 7.87).

Auf dem Handrücken sind die nebeneinander liegenden Sehnen über Connexus intertendinei (kleine Bindegewebssepten) miteinander verbunden. Auf den Fingern inseriert jede Sehne über die **Streckerhaube (Aponeurosis dorsalis; dreieckige bindegewebige Aponeurose)** an der Basis der Phalanx medialis und der Phalanx distalis. (Dazu spalten sich die Sehnen auf. Im Bereich der Phalanx distalis spaltet sich die jeweilige Fingersehne in drei Teile. Der ulnare und radiale Anteil inserieren an der Basis der Phalanx medialis, der mittlere Anteil zieht weiter und inseriert an der Phalanx distalis.)

Der Musculus extensor digitorum wird durch den Nervus interosseus posterior, der die Fortsetzung des Ramus profundus nervi radialis bildet, innerviert (Tab. 7.13).

Musculus extensor digiti minimi

Der **Musculus extensor digiti minimi** ist ein akzessorischer Extensor des kleinen Fingers. Er verläuft am Unterarm ulnar des Musculus extensor digitorum (Abb. 7.87). Er entspringt am Epicondylus lateralis humeri und inseriert zusammen mit der Sehne des Musculus extensor digitorum über die Dorsalaponeurose an den Basen der Mittel- und Endphalanx des kleinen Fingers.

Der Musculus extensor digiti minimi wird vom Nervus interosseus dorsalis innerviert (Tab. 7.13).

Musculus extensor carpi ulnaris

Der **Musculus extensor carpi ulnaris** liegt ulnar des Musculus extensor digiti minimi (Abb. 7.87). Er entspringt am Epicondylus lateralis des Humerus. Seine Sehne setzt an der medialen Seite der Basis des Os metacarpi V an.

Der Musculus extensor carpi ulnaris bewirkt eine Dorsalextension und Ulnarabduktion im Handgelenk. Er wird vom Nervus interosseus dorsalis innerviert (Tab. 7.13).

Musculus anconeus

Der **Musculus anconeus** ist annähernd dreieckig und liegt von den oberflächlichen Streckern am weitesten ulnar. Er entspringt am Epicondylus lateralis humeri und hat einen breiten Ansatz am Olecranon und an der Facies posterior der Ulna (Abb. 7.81).

Der Musculus anconeus abduziert die Ulna bei der Pronation, um die Handfläche in ihrer Position zu halten. Außerdem dient er als akzessorischer Strecker im Ellenbogengelenk und

725
726

spannt die Gelenkkapsel. Dem Musculus anconeus zugeordnete Schleimbeutel sind die Bursae subcutanea olecrani, intratendinea olecrani und subtendinea musculi tricipitis brachii.

Tab. 7.13 Oberflächliche Schicht der Muskulatur der dorsalen Muskelloge des Unterarms (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus brachioradialis	Margo lateralis des Humerusschafts und Septum intermusculare brachii laterale	Laterale Seite des distalen Radiusendes	Nervus radialis C5, **C6** vor der Aufteilung in den Ramus profundus und den Ramus superficialis	Akzessorischer Beuger im Ellenbogengelenk bei halb proniertem Unterarm (Handfläche zeigt zum Oberschenkel, Neutral-Null-Stellung); Unterstützung der Pronation bei supiniertem Unterarm sowie Supination bei proniertem Unterarm jeweils bis zur Neutral-Null-Stellung
Musculus extensor carpi radialis longus	Crista supracondylaris lateralis und Margo lateralis des Humerus	Dorsale Basis des Os metacarpi II	Nervus radialis **C6**, C7 vor der Aufteilung in den Ramus profundus und den Ramus superficialis	Dorsalextension und Radialabduktion des Handgelenks, Unterstützung der Flexion der Finger (Faustschluss), Unterstützung der Beugung im Ellenbogengelenk
Musculus extensor carpi radialis brevis	Epicondylus lateralis humeri	Dorsale Oberfläche der Basen der Ossa metacarpi III und/oder II	Ramus profundus des Nervus radialis C6, C7, bevor der Nerv durch den Musculus supinator tritt	Dorsalextension und Radialabduktion des Handgelenks; Unterstützung der Rückführung der ulnarabduzierten Hand in die Neutral-Null-Stellung

Musculus extensor digitorum	Epicondylus lateralis humeri	Vier Sehnen, die über die „Streckaponeurose" an den Basen der Phalanges medialis und distalis der Finger inserieren	Nervus interosseus posterior **C7**, C8	Dorsalextension und Ulnarabduktion im Handgelenk, Extension der Fingergrundgelenke (II–V) und Unterstützung der Extension in den Mittel- und Endgelenken bei gebeugtem Handgelenk, Adduktion der gespreizten Finger und Abduktion der adduzierten Finger
Musculus extensor digiti minimi	Epicondylus lateralis humeri	Via Streckaponeurose an den Basen der Mittel- und Endphalanx des Kleinfingers	Nervus interosseus posterior **C7**, C8	Extension und Abduktion des Kleinfingers im Grundgelenk, Dorsalextension und Ulnarabduktion im Handgelenk
Musculus extensor carpi ulnaris	Epicondylus lateralis humeri	Basis des Os metacarpi V	Nervus interosseus posterior C7, C8	Dorsalextension und Ulnarabduktion des Handgelenks
Musculus anconeus	Epicondylus lateralis humeri	Olecranon und Facies posterior der Ulna	Nervus radialis (C6–C8)	Streckung im Ellenbogengelenk, Abduktion der Ulna bei der Pronation, Spannung der Gelenkkapsel

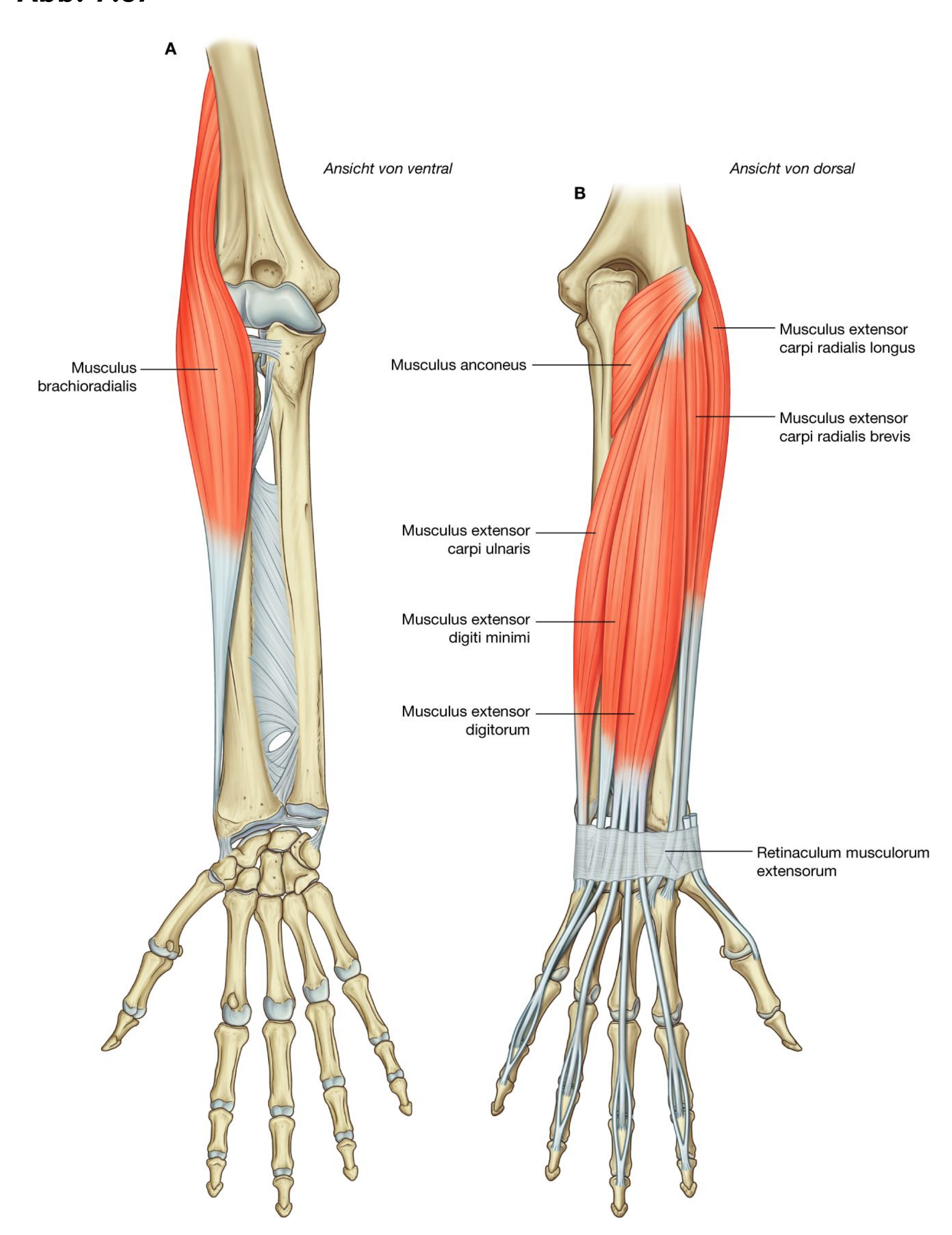
Der Musculus anconeus wird von einem Ast des Nervus radialis innerviert, der auch das Caput mediale des Musculus triceps brachii innerviert (Tab. 7.13).

Tiefe Schicht der dorsalen Unterarmmuskulatur

Die tiefe Schicht der dorsalen Muskelloge des Unterarms besteht aus fünf Muskeln: Musculi supinator, abductor pollicis longus, extensor pollicis brevis, extensor pollicis longus und extensor indicis (Abb. 7.88).

726

Abb. 7.87



Oberflächliche Muskelschicht der dorsalen Unterarmloge. **A**. Musculus brachioradialis. **B**. Oberflächliche Muskeln.

Mit Ausnahme des Musculus supinator entspringen alle Muskeln der tiefen Schicht von der Facies dorsalis radii, der Facies dorsalis ulnae und der Hinterfläche der Membrana interossea antebrachii und laufen dann auf die Finger oder den Daumen:

- Drei der Muskeln – Musculi abductor pollicis longus, extensor pollicis brevis und extensor pollicis longus – tauchen zwischen den Sehnen des Musculus extensor digitorum und des Musculus extensor carpi radialis brevis auf und verlaufen dann weiter auf den Daumen.
- Zwei der drei „hervortretenden“ Muskeln (Musculus abductor pollicis longus und Musculus extensor pollicis brevis) bilden einen deutlichen Muskelbauch am distalen posteroradialen Unterarm.

Alle Muskeln der tiefen Schicht werden vom Nervus interosseus posterior, einer Fortsetzung des Ramus profundus des Nervus radialis, innerviert.

Musculus supinator

Der **Musculus supinator** besitzt zwei Köpfe, die einen gemeinsamen Ansatz am proximalen Radius haben (Abb. 7.88):

- Die Pars superficialis entspringt überwiegend vom Epicondylus lateralis des Humerus und vom Ligamentum anulare radii sowie vom Ligamentum collaterale radiale des Ellenbogengelenks.
- Die Pars profunda entspringt hauptsächlich von der Crista musculi supinatoris ulnae an der posteroradialen Oberfläche der Ulna.

Ausgehend von ihren Ursprüngen, wickeln sich die beiden Köpfe um den proximalen Radius (Radiusköpfchen, Radiushals, proximaler Schaft) und inserieren an der Facies lateralis des Radius oberhalb der Linea obliqua und des Ansatzes des Musculus pronator teres.

Der Musculus supinator supiniert den Unterarm und die Hand. Er wird vom Ramus profundus des Nervus radialis innerviert. Dieser tritt zwischen den beiden Köpfen des Musculus supinator in die dorsale Muskelloge ein (Tab. 7.14). *Er kann am Eingang in den Supinatorkanal (Frohse-Arkade) eingeengt und dadurch geschädigt werden. Da die Äste für die Musculi extensores carpi radialis longus und brevis bereits abgegangen sind, steht die Hand in leichter Radialabduktion. Bei diesem mittleren Schädigungstyp resultiert keine Fallhand.*

Musculus abductor pollicis longus

Der **Musculus abductor pollicis longus** entspringt von der proximalen Facies posterior des Radius und der Ulna sowie von der Rückseite der Membrana interossea antebrachii (Abb. 7.88). Am distalen Unterarm taucht er zwischen dem Musculus extensor digitorum und dem Musculus extensor carpi radialis brevis auf und bildet eine Sehne, die auf den Daumen zieht und an der radialen Basis des ersten Mittelhandknochens ansetzt. Die Sehne beteiligt sich an der Bildung der radialen Begrenzung der Tabatière am Handgelenk.

Die Hauptfunktion des Musculus abductor pollicis longus ist die Abduktion des Daumens im Daumensattelgelenk (Tab. 7.14).

Musculus extensor pollicis brevis

Der **Musculus extensor pollicis brevis** entspringt distal des Ursprungs des Musculus abductor pollicis longus an der Facies posterior des Radius und der Rückseite der Membrana interossea (Abb. 7.88). Er taucht zusammen mit dem Musculus abductor pollicis longus zwischen den Sehnen des Musculus extensor digitorum und des Musculus extensor carpi radialis brevis auf und bildet einen Muskelbauch am distalen Unterarm. Die Sehne des Musculus extensor pollicis brevis läuft auf den Daumen und inseriert an der dorsalen Basis des Daumengrundglieds. Am Handgelenk beteiligt sich der Muskel an der lateralen Begrenzung der Tabatière.

Der Musculus extensor pollicis brevis streckt das Daumengrundgelenk und unterstützt die Streckung im Daumensattelgelenk (Tab. 7.14). Er wird vom Nervus interosseus posterior des Ramus profundus des Nervus radialis innerviert.

Musculus extensor pollicis longus

Der **Musculus extensor pollicis longus** entspringt an der Facies dorsalis der Ulna und der angrenzenden Membrana interossea und inseriert über eine lange Sehne an der dorsalen Oberfläche des Daumenendglieds (Abb. 7.88). Vergleichbar den Musculi abductor pollicis longus und extensor pollicis brevis taucht die Sehne des Musculus extensor pollicis longus zwischen dem Musculus extensor digitorum und dem Musculus extensor carpi radialis brevis auf. Der Muskel wird aber durch das als Hypomochlion fungierende Tuberculum dorsale (Listeri) des Radius von den anderen beiden tiefen Daumenmuskeln separiert. Die Sehne des Muskels bildet die mediale Begrenzung der Tabatière am Handgelenk.

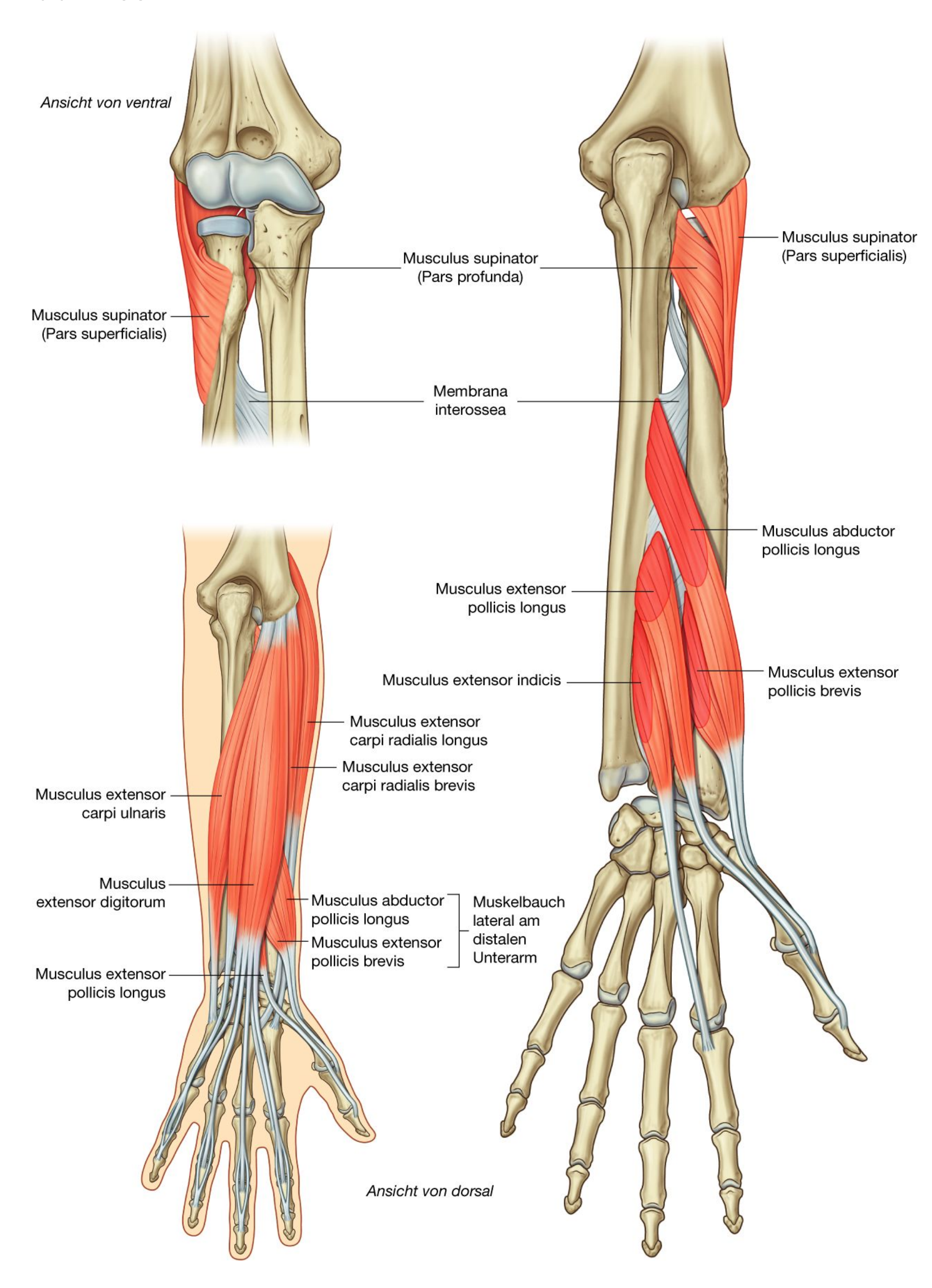
Der Musculus extensor pollicis longus streckt alle Gelenke des Daumens (Tab. 7.14). Er wird vom Nervus interosseus posterior des Ramus profundus des Nervus radialis innerviert.

Musculus extensor indicis

Der **Musculus extensor indicis** ist ein zusätzlicher Strecker des Zeigefingers. Er entspringt distal des Musculus extensor pollicis longus an der Facies posterior der Ulna und der angrenzenden Membrana interossea (Abb. 7.88). Die Sehne läuft auf die Hand und inseriert zusammen mit der Sehne des Musculus extensor digitorum auf der Streckaponeurose des Zeigefingers (Tab. 7.14). Der Muskel wird ebenfalls vom Nervus interosseus posterior des Ramus profundus des Nervus radialis innerviert.

728

Abb. 7.88



Tiefe Muskelschicht der dorsalen Unterarmloge.

Tab. 7.14 Tiefe Muskelschicht der dorsalen Unterarmloge (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus supinator	Pars superficialis: Epicondylus lateralis des Humerus, Ligamentum anulare radii und Ligamentum collaterale radiale Pars profunda: Crista musculi supinatoris ulnae	Facies lateralis des Radius	Nervus interosseus posterior (Ramus profundus des Nervus radialis) **C6**, C7	Supination in Beuge- und Streckstellung des Ellenbogengelenks
Musculus abductor pollicis longus	Facies posterior des Radius und der Ulna sowie der Rückseite der Membrana interossea antebrachii	Laterale Basis des Os metacarpi I	Nervus interosseus posterior (Ramus profundus des Nervus radialis) **C7**, C8	Abduktion des Daumens im Daumensattelgelenk; akzessorischer Strecker im Daumensattelgelenk, Radialabduktion und -flexion im Hangelenk
Musculus extensor pollicis brevis	Facies posterior des Radius (distal des Musculus abductor pollicis longus) und der Rückseite der Membrana interossea	Basis der Grundphalanx des Daumens	Nervus interosseus posterior (Ramus profundus des Nervus radialis) **C7**, C8	Extension im Daumengrund- und -sattelgelenk; Unterstützung der Radialabduktion im Handgelenk
Musculus extensor pollicis longus	Facies dorsalis der Ulna und angrenzendende Membrana interossea	Basis der Endphalanx des Daumens	Nervus interosseus posterior (Ramus profundus des Nervus radialis) **C7**, C8	Extension im Daumenendgelenk und im Daumensattelgelenk, Adduktion und Extension des Daumens im Daumensattelgelenk, Dorsalextension und Radialabduktion im Handgelenk
Musculus extensor indicis	Facies posterior der Ulna (distal des Musculus extensor pollicis longus) und angrenzende Membrana interossea	Streckaponeurose des Zeigefingers	Nervus interosseus posterior (Ramus profundus des Nervus radialis) **C7**, C8	Streckung des Zeigefingers im Grundgelenk, Unterstützung der Extension im Mittel- und Endgelenk sowie im Handgelenk

Arterien und Venen

Die Blutversorgung der dorsalen Muskelloge des Unterarms erfolgt vorwiegend über Äste der Arteria radialis, der Arteria interossea posterior und der Arteria interossea anterior (Abb. 7.89).

Arteria interossea posterior

Die Arteria interossea posterior entspringt in der ventralen Muskelloge des Unterarms aus der Arteria interossea communis, einem Ast der Arteria ulnaris. Sie verläuft nach dorsal über den Oberrand der Membrana interossea antebrachii in die dorsale Muskelloge. Sie gibt die **Arteria interossea recurrens** an das Gefäßnetzwerk des Ellenbogengelenks ab und läuft dann zwischen dem Musculus supinator und dem Musculus abductor pollicis longus hindurch, um die oberflächlichen Extensoren zu versorgen. Nachdem sich der Endast der Arteria interossea anterior mit der Arteria interossea posterior verbunden hat, wird die Arterie zum Ramus carpalis dorsalis am Handgelenk.

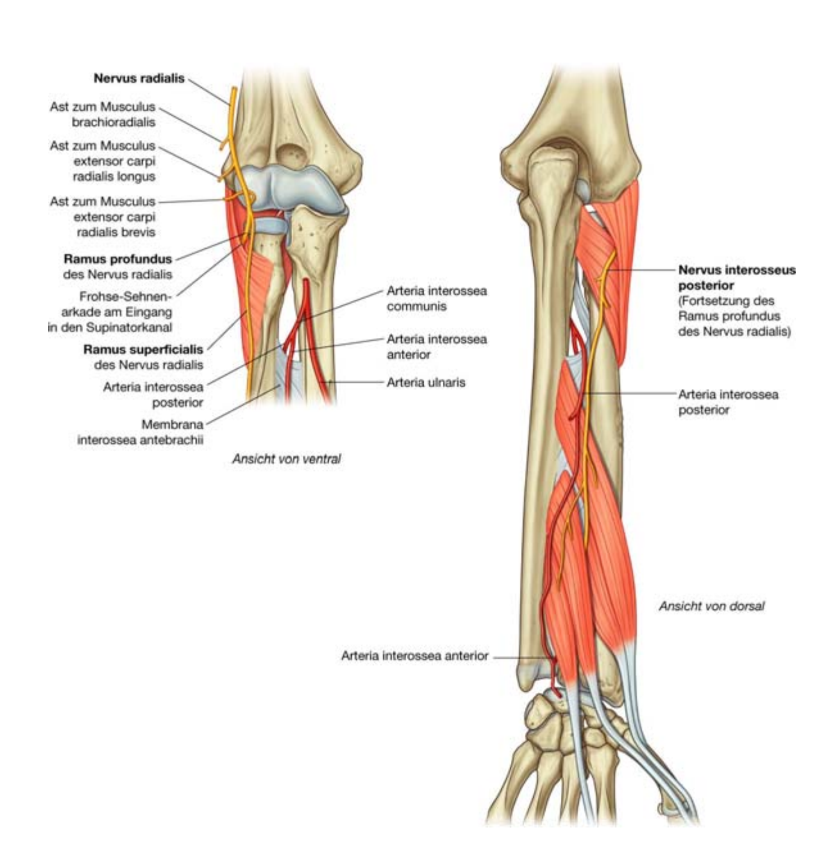
Arteria interossea anterior

Die Arteria interossea anterior liegt in der ventralen Muskelloge des Unterarms auf der Membrana interossea antebrachii. Sie ist ebenfalls ein Ast der Arteria interossea communis aus der Arteria ulnaris und besitzt zahlreiche perforierende Äste, die durch die Membrana interossea hindurchtreten und die tiefe Muskelschicht der dorsalen Muskelloge versorgen.

730

731

Abb. 7.89



Nervus radialis in der dorsalen Muskelloge des Unterarms.

Arteria radialis

Die Arteria radialis gibt Muskeläste ab, die zur Versorgung der Extensoren am radialseitigen Unterarm beitragen.

Venen

Tiefe Venen begleiten die Arterien der dorsalen Muskelloge. Sie drainieren letztendlich in die Venae brachiales, die mit der Arteria brachialis in der Ellenbeuge liegen.

Nerven

Nervus radialis

Der Nerv der dorsalen Muskelloge ist der Nervus radialis (Abb. 7.89). Die meisten Muskeln werden vom Ramus profundus innerviert, der in der lateralen Wand der Fossa cubitalis unterhalb des Musculus brachioradialis vom Nervus radialis abgeht. Der Ramus profundus wird zum **Nervus interosseus posterior**, nachdem er zwischen den beiden Köpfen des Musculus supinator wieder auftaucht.

731

732

An der lateralen Wand der Fossa cubitalis vor der Aufteilung in **Ramus profundus** und **Ramus superficialis** innerviert der Nervus radialis den Musculus brachioradialis und den Musculus extensor carpi radialis longus.

Aus dem Ramus profundus geht danach ein Ast zur Innervation des Musculus extensor carpi radialis brevis ab. Anschließend tritt der Ramus profundus zwischen den beiden Köpfen (Pars superficialis und Pars profunda) des Musculus supinator in den Supinatorkanal. Der Ramus profundus des Nervus radialis folgt dem Verlauf des Musculus supinator nach dorsal und lateral um den proximalen Radiusschaft. (Er liegt dabei zwischen Pars superficialis und Pars profunda des Musculus supinator.) Er innerviert den Musculus supinator und tritt als Nervus interosseus antebrachii posterior zwischen die tiefe und oberflächliche Schicht der dorsalen Unterarmmuskulatur.

Der Nervus interosseus antebrachii posterior innerviert die restlichen Muskeln der dorsalen Muskelloge und endet mit Gelenkästen, die unterhalb des Musculus extensor pollicis longus zum Handgelenk verlaufen.

HAND

Die Hand (Abb. 7.90) ist die Region der oberen Extremität distal vom Handgelenk. Sie wird in drei Bereiche unterteilt:

- Handgelenk
- Mittelhand (Metacarpus)
- Finger (fünf Finger einschließlich des Daumens).

Die fünf Finger sind der radial sitzende Daumen und die vier Finger – Zeige-, Mittel-, Ring-, und Kleinfinger.

In der normalen Ruheposition bilden die Finger eine gebeugte Arkade, wobei der kleine Finger am stärksten und der Zeigefinger am geringsten gebeugt sind. In der anatomischen Position sind die Finger gestreckt.

Die Hand besitzt eine ventrale (Palma manus) und eine dorsale Fläche (Dorsum manus).

Abduktion und Adduktion der Finger beziehen sich auf die Längsachse des Mittelfingers (Abb. 7.90). In anatomischer Position steht der Daumen um 90° zu den anderen Fingern gedreht, sodass das Thenar (Daumenballen) nach medial zeigt. Daher erfolgen die Bewegungen des Daumens im rechten Winkel zu den Bewegungen der anderen Finger.

Die Hand ist ein mechanisches und sensibles Werkzeug. Viele Besonderheiten der oberen Extremität dienen dazu, die Positionierung der Hand im Raum zu erleichtern.

Knochen

Es gibt drei Gruppen von Knochen in der Hand:

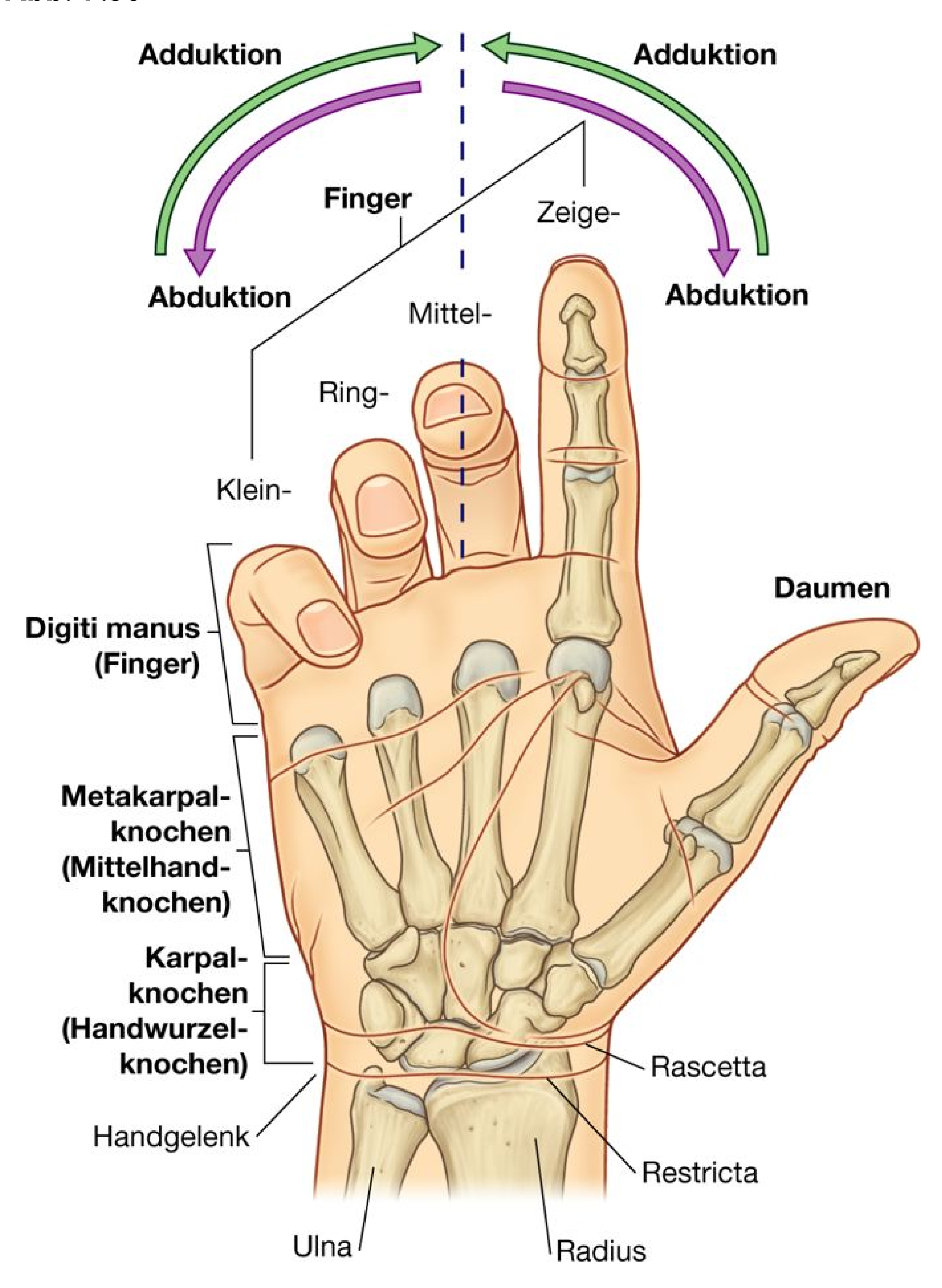
- Die acht **Karpalknochen** (Ossa carpi) sind die Knochen der Handwurzel (Carpus).
- Die fünf **Metakarpalknochen (I–V)** sind die Knochen der Mittelhand.
- Die **Phalangen** sind die Knochen der Finger – der Daumen besitzt normalerweise nur zwei, die restlichen Finger drei Phalangen (Abb. 7.91).

Die Handwurzelknochen und die Mittelhandknochen des Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfingers (Ossa metacarpi II–V) fungieren meist als Einheit und bilden den Großteil des knöchernen Grundgerüsts der Hohlhand. Das Os metacarpi I funktioniert unabhängig davon und ist im Karpometakarpalgelenk beweglicher, um die Opposition des Daumens zu den Fingern zu ermöglichen.

Handwurzelknochen

Die kleinen Ossa carpi des Handgelenks sind in zwei Reihen angeordnet, einer proximalen und einer distalen Reihe, die jeweils aus vier Knochen bestehen (Abb. 7.91).

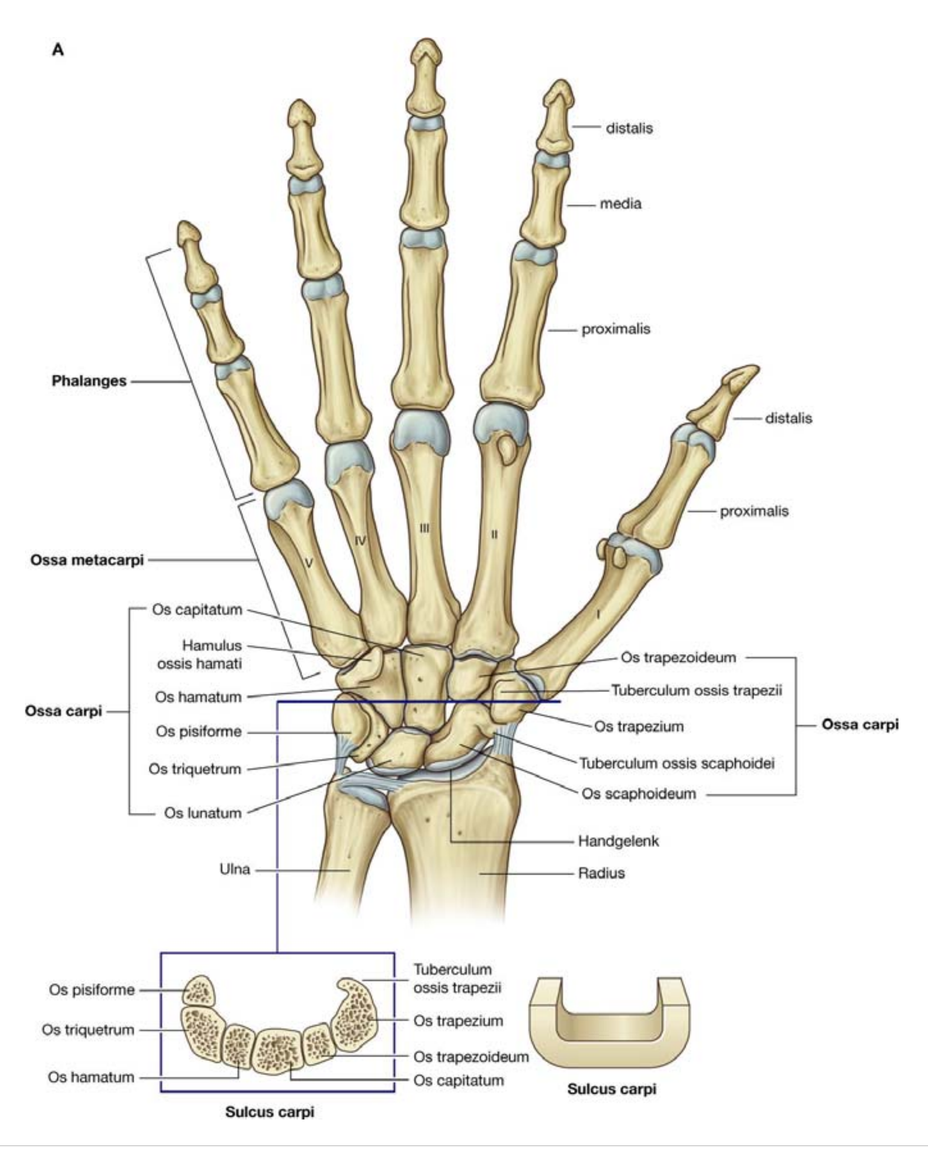
Abb. 7.90



Hand. Die Finger befinden sich in einer Ruheposition, in der sie gebeugt sind. In der anatomischen Position sind die Finger gestreckt und adduziert.

732

Abb. 7.91



Hand. **A**. Knochen. Hand und Handgelenk.

B. Röntgenbild einer normalen Hand mit Handgelenk (ap-Ansicht). **C**. Magnetresonanztomographie einer normalen Hand mit Handgelenk in koronarer Schnittführung.

Proximale Reihe der Handwurzelknochen

Die proximalen Handwurzelknochen sind von lateral nach medial in der Ansicht von vorn (Abb. 7.91):

- das bootförmige **Os scaphoideum** (Kahnbein)
- das halbmondförmige **Os lunatum** (Mondbein)
- das dreieckige **Os triquetrum** (Dreiecksbein)
- das erbsenförmige **Os pisiforme** (Erbsenbein).

Das **Os pisiforme** ist ein Sesambein, das in die Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris eingebettet ist und mit der ventralen Fläche des **Os triquetrum** artikuliert.

Das **Os scaphoideum** hat ein prominentes **Tuberculum ossis scaphoidei** an der radialen palmaren Fläche, das nach palmar zeigt.

Distale Reihe der Handwurzelknochen

Die distalen Handwurzelknochen sind von lateral nach medial in der Ansicht von vorn (Abb. 7.91):

- das unregelmäßig geformte viereckige **Os trapezium**
- das viereckige **Os trapezoideum**
- das **Os capitatum**, das einen Kopf hat
- das **Os hamatum**, das einen Haken hat.

Das **Os trapezium** artikuliert mit dem ersten Mittelhandknochen und hat ein **Tuberculum ossis trapezii** auf der palmaren Fläche, das nach palmar zeigt.

Der größte Handwurzelknochen ist das Os capitatum, das mit der Basis des Os metacarpi III gelenkig in Verbindung steht.

Das **Os hamatum**, das radial und distal des Os pisiforme liegt, besitzt einen Haken **(Hamulus ossis hamati)** auf der palmaren Oberfläche.

Gelenkflächen

Die Handwurzelknochen besitzen zahlreiche Gelenkflächen (Abb. 7.91). Die proximale Reihe der Handwurzelknochen artikuliert mit dem Radius und dem Discus articularis in der Articulatio radiocarpalis. Die proximalen Handwurzelknochen artikulieren untereinander 734 und in der Articulatio mediocarpalis mit den distalen Handwurzelknochen, die 735 ihrerseits ebenfalls untereinander und distal in der Articulatio carpometacarpalis mit den Mittelhandknochen artikulieren. Mit Ausnahme des ersten Mittelhandknochens sind alle

Bewegungen der Metakarpalknochen gegen die Handwurzelknochen durch den Bandapparat stark limitiert.

Die großen Oberflächen des Os scaphoideum und des Os lunatum artikulieren mit dem Radius und bilden den größten Anteil des Handgelenks.

Sulcus carpi

Die Handwurzelknochen (Ossa carpi) liegen nicht in einer flachen Ebene, sondern bilden einen Bogen, dessen Basis nach palmar zeigt (Abb. 7.91). Die radiale Seite der Basis wird durch die Tubercula ossis scaphoidei und ossis trapezii gebildet (Eminentia carpi radialis). Die ulnare Seite des Bogens wird durch das Os pisiforme und den Hamulus ossis hamati gebildet.

Das Retinaculum musculorum flexorum ist an der ulnaren und radialen Seite der Basis befestigt und bildet so die palmare Begrenzung des sog. Karpaltunnels. Die Seiten und das Dach des Karpaltunnels werden vom Sulcus carpi der Handwurzelknochen gebildet.

Mittelhandknochen

Jeder der fünf Mittelhandknochen (Ossa metacarpi) steht mit einem Finger in Verbindung (Abb. 7.91):

- Das Os metacarpi I steht zum Daumen in Beziehung.
- Die Ossa metacarpi II–V stehen mit dem Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger in Beziehung.

Jeder der Mittelhandknochen besteht aus einer **Basis**, einem **Schaft** und distal aus einem **Kopf**.

Alle Basen der Metakarpalknochen artikulieren mit den Handwurzelknochen sowie zusätzlich untereinander.

Alle Köpfchen der Mittelhandknochen artikulieren mit den proximalen Phalangen der Finger. Die Köpfe bilden die Knöchel des Handrückens, die bei der Flexion der Finger sichtbar werden.

Phalangen

Die Phalangen sind die Fingerknochen (Abb. 7.91):

- Der Daumen besitzt zwei Phalangen: eine **Phalanx proximalis** und eine **Phalanx distalis**.
- Die restlichen Finger besitzen jeweils drei Phalangen: eine **Phalanx proximalis**, eine **Phalanx medial** und eine **Phalanx distalis**.

Jede Phalanx besitzt eine **Basis**, einen **Schaft** und ein **Köpfchen**.

Die Basis jeder proximalen Phalanx artikuliert mit dem Köpfchen des dazugehörigen Mittelhandknochens.

Die Köpfe der distalen Phalangen tragen keine Gelenkfläche. Sie haben eine abgeflachte halbmondartige Tuberositas (Nagelkranz), die unter der Fingerkuppe liegt.

Gelenke

Handgelenk

Das Handgelenk (Articulatio radiocarpalis; proximales Handgelenk) ist ein Synovialgelenk zwischen dem distalen Radiusende und dem Discus articularis, der das distale Ulnaende vom Handgelenk trennt, sowie dem Os scaphoideum, dem Os lunatum und dem Os triquetrum der proximalen Handwurzelreihe (Abb. 7.91). Die Gelenkflächen des Carpus bilden eine ovale Form, die konvex gekrümmt ist und mit der korrespondierenden konkaven Oberfläche des Radius und des Discus ulnocarpalis artikuliert.

Das Handgelenk ermöglicht Bewegungen um zwei Achsen. Die Hand kann im Handgelenk abduziert, adduziert, palmarflektiert und dorsalextendiert werden.

Da der Processus styloideus radii weiter nach distal reicht als der Processus styloideus ulnae, kann die Hand weiter ulnarabduziert als radialabduziert werden.

Die Gelenkkapsel des Handgelenks wird durch die **Ligamenta radiocarpale dorsale, radiocarpale palmare** und **ulnocarpale palmare** verstärkt. Zusätzlich überbrücken die Kollateralbänder **(Ligamentum collaterale carpi radiale** und **Ligamentum collaterale carpi ulnare)** die Strecke zwischen dem Processus styloideus ulnae und dem Processus styloideus radii sowie den angrenzenden Handwurzelknochen. Die Bänder verstärken die mediale und laterale Seite des Handgelenks und unterstützen es bei der Palmarflexion und Dorsalextension.

Handwurzelgelenke

Die Gelenke zwischen den Handwurzelknochen besitzen eine gemeinsame Gelenkkapsel, die durch viele Bandverbindungen verstärkt wird.

Die proximale Reihe der Handwurzelknochen (Ossa scaphoideum, lunatum, triquetrum) artikuliert in der Articulatio mediocarpalis (distales Handgelenk) über Ligamenta intercarpalia interossea mit der distalen Reihe der Handwurzelknochen (Ossa trapezium, trapezoideum, capitatum, hamatum). Die Gelenkfläche verläuft wellenförmig (Os scaphoideum – konvex und Os trapezium + Os trapezoideum konkav). Das Mediokarpalgelenk ist eine Diarthrose (verzahntes Scharniergelenk); die Gelenkkapsel ist palmar straff und dorsal schlaff. Die Handwurzelknochen der distalen Reihe sind durch Amphiarthrosen fest miteinander verbunden.

Obwohl die Bewegungen der **Interkarpalgelenke** sehr eingeschränkt sind, unterstützen sie die Positionierung der Hand bei der Abduktion, Adduktion, Flexion und vor allem der Extension.

735

Karpometakarpalgelenke (Articulationes carpometacarpales)

Es gibt fünf Karpometakarpalgelenke (Articulationes carpometacarpales) zwischen den Mittelhandknochen und der distalen Handwurzelreihe (Abb. 7.91).

Das Daumensattelgelenk (Articulatio carpometacarpalis pollicis; Sattelgelenk) zwischen dem 1. Mittelhandknochen und dem Os trapezium verleiht dem Daumen im Gegensatz zu den anderen Finger eine große Bewegungsfreiheit. Mögliche Bewegungen sind Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion, Rotation und Opposition. Im Rahmen der Rotation und Opposition wird der dritte Freiheitsgrad des Daumensattelgelenks eingesetzt. Dabei kommt es zur Aufhebung des kongruenten Gelenkschlusses. Die Sattelschenkel liegen einander nicht mehr vollständig, sondern nur noch an zwei Punkten auf. Dadurch wird die kraftaufnehmende Fläche klein *(„Pfennigabsatzsyndrom“; es besteht die Gefahr der Arthrose)*. Die Opposition ist eine Kombinationsbewegung aus Flexion, Adduktion und Innenrotation. Das Zurückführen aus der Opposition bezeichnet man als Reduktion.

Die Karpometakarpalgelenke zwischen den Ossa metacarpi II–V und den Handwurzelknochen sind deutlich weniger beweglich als das Daumensattelgelenk. Es sind Amphiarthrosen, die lediglich gleitende Bewegungen ermöglichen. Die Beweglichkeit der Gelenke vergrößert sich nach ulnar, sodass der 5. Mittelhandknochen die größte Gleitbewegung ausführen kann, was beim Faustschluss auf dem Handrücken zu beobachten ist.

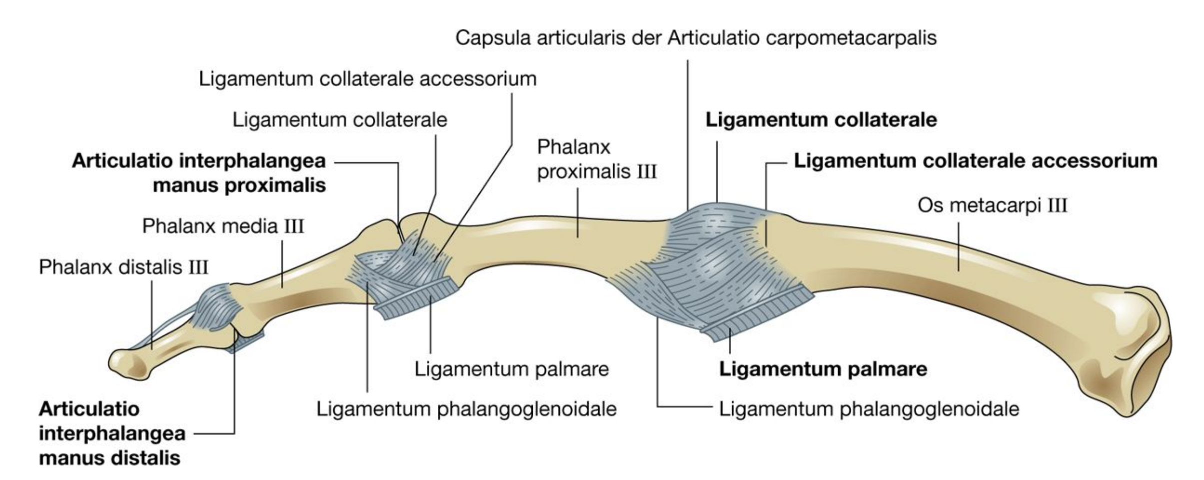
Metakarpophalangealgelenke (Articulationes metacarpophalangeae)

Die Gelenke zwischen den distalen Mittelhandköpfen und den Basen der proximalen Phalangen der Finger sind Kugelgelenke, die eine Flexion, Extension, Abduktion, Adduktion und eine Zirkumduktion ermöglichen (Abb. 7.91). Die Gelenkkapsel jedes Gelenks ist weit und dorsal schlaff. Sie wird jeweils durch **Ligamenta collateralia radiale und ulnare**, Ligamenta phalangoglenoidalia radiale und ulnare, Ligamenta collateralia accessoria radiale und ulnare sowie ein **Ligamentum palmare** verstärkt, das den Boden der Fingersehnenscheiden bildet und aus Faserknorpel besteht (die Faserknorpelplatte bildet eine palmare Verstärkung der Gelenkkapsel und erweitert so die Gelenkpfanne). Die Kollateralbänder und Phalangoglenoidalbänder strahlen in die palmare Faserknorpelplatte ein (Abb. 7.92A).

Ligamenta metacarpalia transversa profunda

Die drei **Ligamenta metacarpalia transversa profunda** (Abb. 7.92B) sind dicke bindegewebige Bänder, die die Ligamenta palmaria der Metakarpophalangealgelenke miteinander verbinden. Sie sind wichtig, da sie die Köpfchen der Mittelhandknochen miteinander verbinden und die Bewegung der Knochen zueinander einschränken, sodass sie zum gemeinsamen knöchernen Grundgerüst der Hohlhand beitragen.

Abb. 7.92

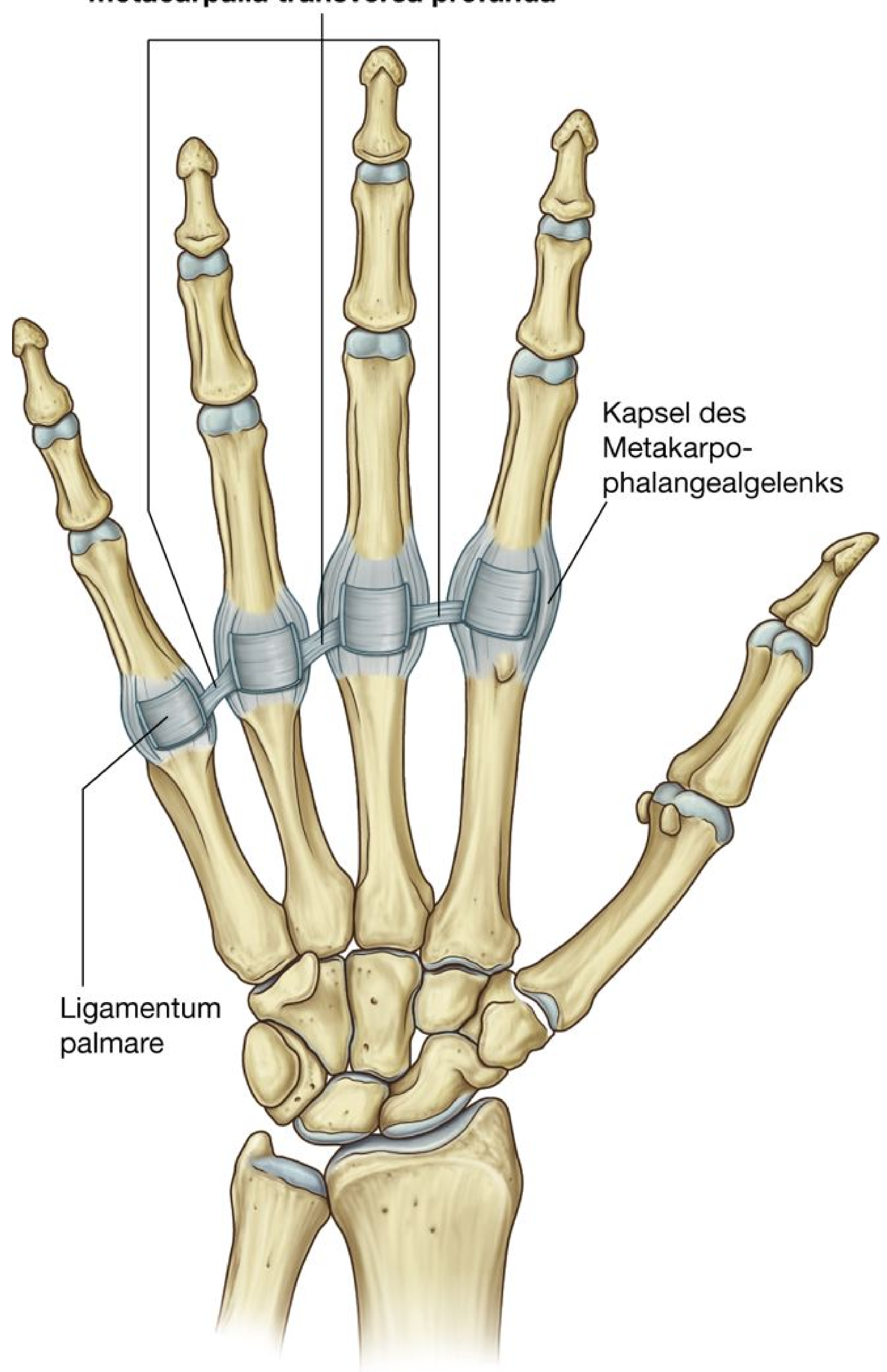


Tiefer Kapsel-Band-Apparat. **A**. Ansicht von radial. Tiefer Kapsel-Band-Apparat.

Bezeichnenderweise gibt es kein Ligamentum metacarpale transversum profundum zwischen dem Ligamentum palmare des Metakarpophalagealgelenks des Daumens und dem Ligamentum palmare des Zeigefingers. Das Fehlen des Bandes und das Vorhandensein des Daumensattelgelenks sind für die ausgeprägte Beweglichkeit des Daumens gegenüber den anderen Fingern der Hand verantwortlich.

736
737

Abb. 7.92



B. Ansicht von palmar.

Interphalangealgelenke der Hand (Articulationes interphalangeae manus)

Die **Interphalangealgelenke der Hand** (Articulationes interphalangeae manus) sind aufgrund des Bandapparats Scharniergelenke, die vorwiegend eine Flexion und Extension der Finger ermöglichen. Die Bewegungen werden durch **Ligamenta collateralia radiale und ulnare**, Ligamenta phalangoglenoidalia radiale und ulnare, Ligamenta collateralia accessoria radiale und ulnare und jeweils ein **Ligamentum palmare** eingeschränkt (Abb. 7.92A).

Klinik

Skaphoidfraktur und avaskuläre Nekrose des proximalen Fragments

Die häufigste Fraktur am Carpus ist die Querfraktur des Os scaphoideum (Abb. 7.93). Andere Verletzungen sind deutlich seltener. Bei etwa 10% der Bevölkerung erhält das Os scaphoideum seine Blutversorgung ausschließlich über die Arteria radialis, die von distal in den Knochen tritt und ihn versorgt. Bei einer Fraktur im Bereich der Knochentaille kann es zu einer avaskulären Nekrose des proximalen Fragments kommen. Es gibt keine Möglichkeit vorherzusagen, welche Patienten diese Art der Blutversorgung aufweisen. Die Blutversorgung erfolgt aber bei allen Patienten vorwiegend von distal, sodass Frakturen im proximalen Drittel des Kahnbeins als ungünstig angesehen werden müssen.

Abb. 7.93



Röntgenbilder des Handgelenks (pa-Ansicht). **A**. Normal. **B**. Skaphoidfraktur.

Canalis carpi und Strukturen des Handgelenks

Der Karpaltunnel (Canalis carpi) liegt palmar am Handgelenk und wird durch den Sulcus carpi der Handwurzelknochen und das Retinaculum musculorum flexorum gebildet (Abb. 7.91).

Die Basis des Sulcus carpi wird medial vom Os pisiforme und lateral von den Tubercula ossis scaphoidei und ossis trapezii gebildet.

Das Retinaculum musculorum flexorum (Ligamentum carpi transversum) ist ein kräftiges bindegewebiges Band, das die beiden Ränder des Sulcus carpi überbrückt und den Sulcus carpi zum Karpaltunnel macht.

Durch den Karpaltunnel verlaufen die vier Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus, die vier Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis, die Sehne des Musculus flexor pollicis longus sowie der Nervus medianus (Abb. 7.94).

Das Retinaculum musculorum flexorum hält die Sehnen an den Knochen des Handgelenks und verhindert so einen Bogensehneneffekt.

Die freie Beweglichkeit der Sehnen im Karpaltunnel wird durch Sehnenscheiden ermöglicht, die die Sehnen umgeben. Alle Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus und des Musculus flexor digitorum superficialis sind von einer einzigen Sehnenscheide umgeben. Eine separate Sehnenscheide umgibt die Sehne des Musculus flexor pollicis longus. Der Nervus medianus liegt palmar der Sehnen im Karpaltunnel.

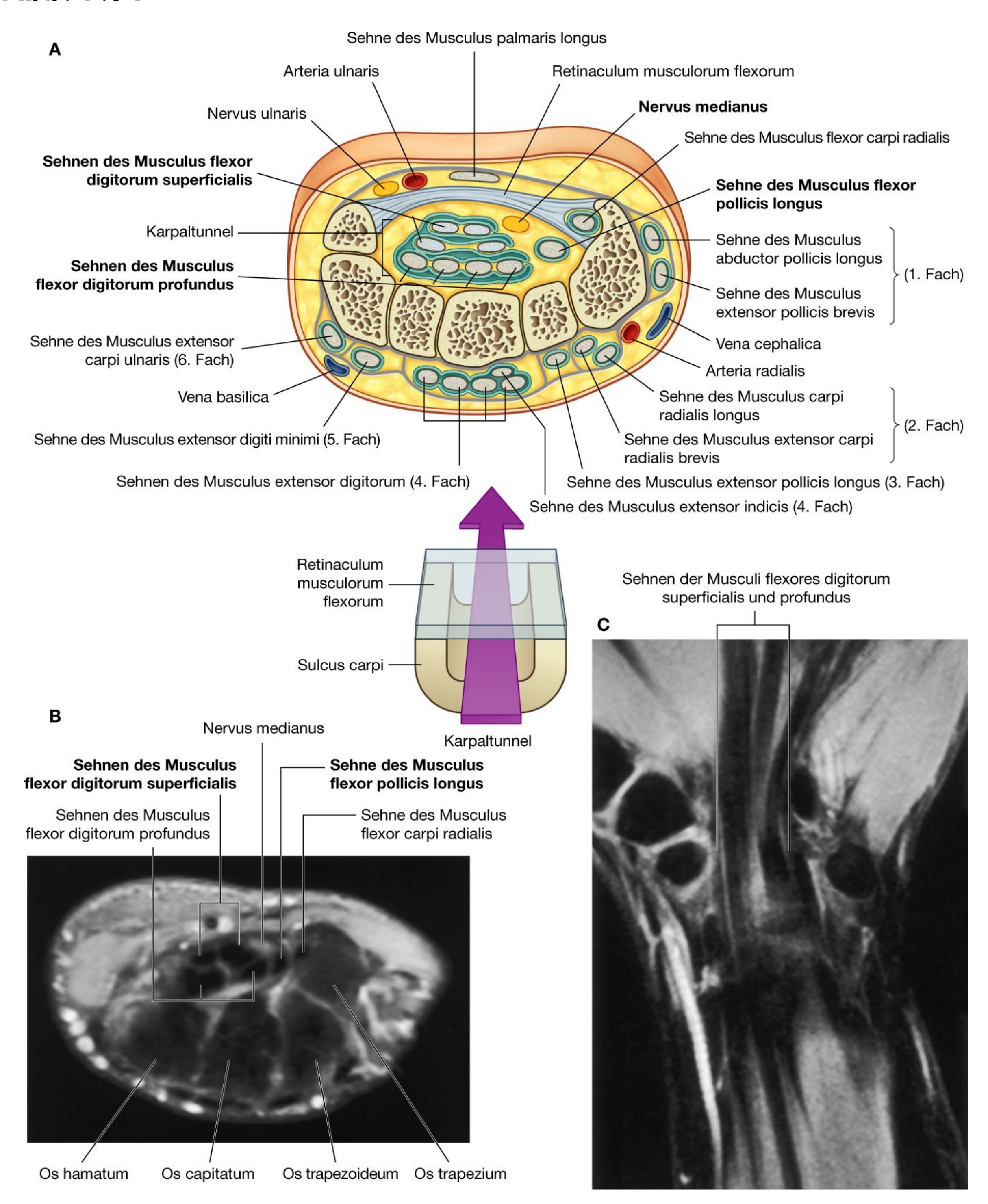
Die Sehne des Musculus flexor carpi radialis ist ebenfalls von einer Sehnenscheide umgeben und verläuft radial am Handgelenk durch ein röhrenförmiges Kompartiment, das vom Retinaculum musculorum flexorum zum ulnaren Tuberculum ossis trapezii zieht.

738

Arteria ulnaris, Nervus ulnaris und die Sehne des Musculus palmaris longus laufen ulnar und palmar vom Retinaculum musculorum flexorum durch die Guyon-Loge in die Hand. Sie verlaufen also nicht durch den Karpaltunnel (Abb. 7.94). Die Sehne des Musculus palmaris longus besitzt keine Sehnenscheide. Die Guyon-Loge (Loge de Guyon) ist ein dreieckiger osteofibröser Tunnel (distaler Ulnaristunnel), dessen dorsalen Boden das Retinaculum musculorum flexorum sowie das Ligamentum pisohamatum bilden. Das palmare Dach wird proximal vom Ligamentum carpi palmare und distal vom Musculus palmaris brevis begrenzt. Die mediale Wand entsteht proximal aus der Ansatzsehne des Musculus flexor carpi ulnaris mit dem Os pisiforme und distal aus dem Musculus abductor digiti minimi. Die radiale Begrenzung sind das Retinaculum musculorum flexorum und distal der Hamulus ossis hamati.

739

Abb. 7.94



Karpaltunnel. **A**. Struktur und Beziehungen. **B**. Magnetresonanztomographie (MRT) eines normalen Handgelenks in der axialen Ebene. **C**. MRT eines normalen Handgelenks in der Koronarebene.

739

740

Die Arteria radialis verläuft dorsal um die laterale Seite des Handgelenks und liegt in der Nähe der Oberfläche des Os scaphoideum.

Die Streckersehnen laufen radial, ulnar und dorsal des Handgelenks in sechs verschiedenen Sehnenfächern, die durch das Retinaculum musculorum extensorum und die Sehnenscheiden unterteilt werden (Abb. 7.94):

- Die Sehnen der Musculi abductor pollicis longus und extensor pollicis brevis (1. Streckerfach), der Musculi extensor carpi radialis longus und extensor carpi radialis brevis (2. Streckerfach) und des Musculus extensor pollicis longus (3. Streckerfach) verlaufen durch drei getrennte Strecksehnenfächer am lateralen Handgelenk.
- Die Sehnen der Musculi extensor digitorum und extensor indicis teilen sich ein Streckerfach (4. Streckerfach) und eine Sehnenscheide am Handgelenk.
- Die Sehnen des Musculus extensor digiti minimi (5. Streckerfach) und des Musculus extensor carpi ulnaris (6. Streckerfach) haben eigene Fächer und Sehnenscheiden am medialen Handgelenk.

Klinik

Karpaltunnelsyndrom

Das Karpaltunnelsyndrom ist ein Engpasssyndrom, das durch Druck auf den Nervus medianus im Karpaltunnel entsteht. Die Ursache für das Syndrom ist häufig unbekannt, obwohl die Nervenschädigung in einigen Fällen durch Überbeanspruchung, Zunahme des Sehnengleitgewebes (Wucherung der Membrana synovialis der Sehnenscheiden beispielsweise bei rheumatoider Arthritis) oder durch Zysten bzw. Ganglien der Karpalgelenke verursacht werden kann. Erhöhter Druck im Karpaltunnel wird für einen venösen Stau innerhalb des Karpaltunnels verantwortlich gemacht, der Nervenödeme und hypoxische Schäden der Nervenfasern nach sich zieht.

Normalerweise berichten die Patienten über Kribbelparästhesien im Bereich des Ausbreitungsgebietes des Nervus medianus. Die Missempfindungen treten anfangs häufig nachts auf (Brachialgia paraesthetica nocturna). Ferner können Kraftverlust und Atrophie der Thenarmuskulatur im Verlauf auftreten. Leichtes Klopfen über dem Nervus medianus (im Bereich des Retinaculum musculorum flexorum) löst die Symptome aus (Hoffmann-Tinel-Zeichen).

Die Behandlung zielt zunächst auf eine Eindämmung der Entzündung und die Minimierung schädigender Einflüsse ab. Führt dies nicht zum Erfolg, sollten elektrophysiologische Untersuchungen durchgeführt werden, um das Ausmaß der Nervenschädigung zu erfassen. Anschließend kann gegebenenfalls eine operative Nervendekompression mit Durchtrennung des Retinaculum musculorum flexorum erforderlich sein.

Palmaraponeurose

Die **Palmaraponeurose** ist eine dreieckige Fortsetzung der Fascia antebrachii auf die Hand. Sie befindet sich in der Hohlhand und ist durch Kollagenfaserbündel fest mit Subcutis und Cutis verbunden (Abb. 7.95).

Die Spitze des Dreiecks ist die Verlängerung der Sehne des Musculus palmaris longus (sofern er angelegt ist). Ansonsten ist die Palmaraponeurose am Retinaculum musculorum flexorum befestigt. Von hier aus ziehen die Längsfasern (Fasciculi longitudinales) der Aponeurose zu den Basen der Finger und in geringerem Ausmaß auch zum Daumen.

Querfasern der Aponeurose (Fasciculi transversi) verbinden die Längsfasern in der Hohlhand.

Gefäße, Nerven und die langen Beugesehnen liegen unterhalb der Palmaraponeurose in der Hohlhand. Durch die Palmaraponeurose werden die Weichteile der Hohlhand vor Druck geschützt. *Die Schrumpfung der Palmaraponeurose (Dupuytren-Krankheit) mit Strangbildung an den Fasciculi longitudinales führt zu einer Fehlstellung der Fingergelenke (Beugekontraktur).*

740

741

Musculus palmaris brevis

Der **Musculus palmaris brevis** ist ein kleiner intrinsischer (rudimentärer) Muskel der Hand. Er ist viereckig und liegt subkutan auf der Hypothenarmuskulatur, der Arteria ulnaris und dem Ramus superficialis des Nervus ulnaris auf der Ulnarseite der Hohlhand (Abb. 7.95). Er entspringt an der Palmaraponeurose sowie am Retinaculum musculorum flexorum und inseriert in der Dermis der ulnaren Handbegrenzung.

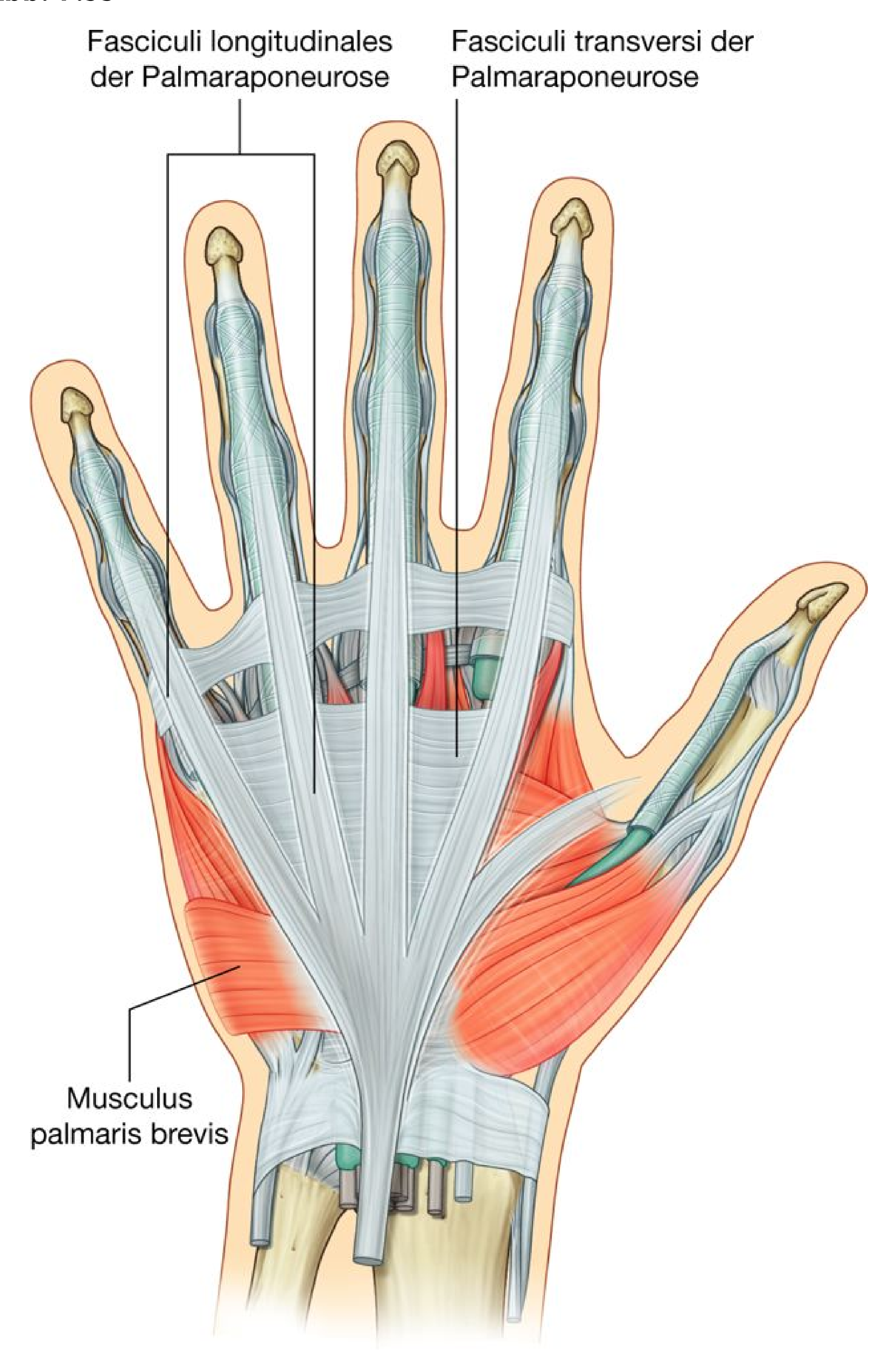
Der Musculus palmaris brevis vertieft die Wölbung der Hand, indem er Haut über das Hypothenar zieht und dadurch einen Kamm bildet. Dies kann das Zufassen verbessern.

Der Musculus palmaris brevis wird vom Ramus superficialis des Nervus ulnaris innerviert.

Tabatière

Die Tabatière („Schnupftabakdose“) ist eine dreieckige Einsenkung auf der posterolateralen Seite des Handgelenks und des 1. Mittelhandknochens, die durch die Strecksehnen des Daumens gebildet wird (Abb. 7.96). Früher (heute manchmal auch noch) wurde Schnupftabak in dieser Vertiefung platziert, bevor er durch die Nase eingezogen wurde. Die Basis des Dreiecks liegt am Handgelenk, und die Spitze ist zum Daumen gerichtet. Am besten ist die Vertiefung bei gestrecktem Daumen sichtbar:

Abb. 7.95

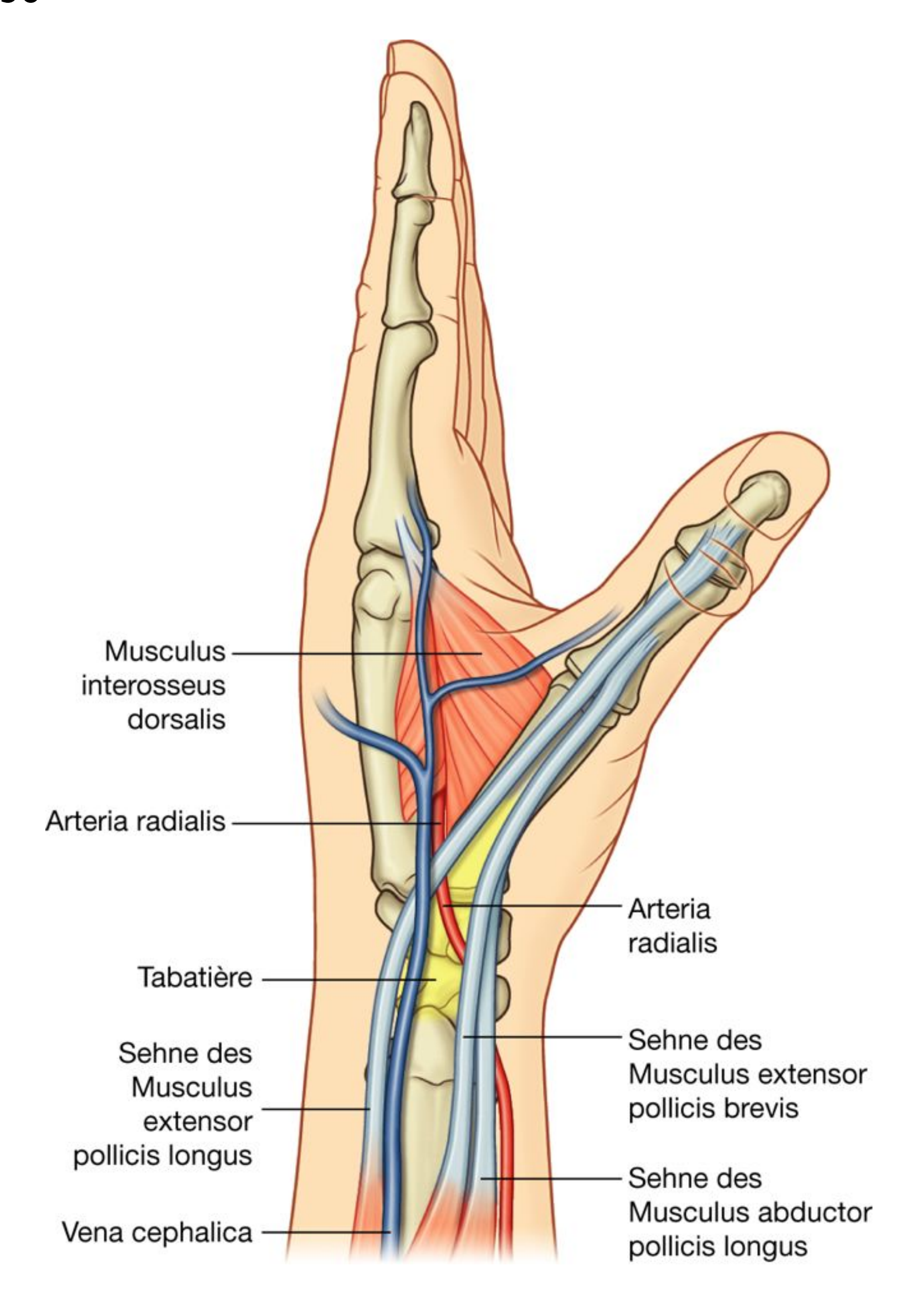


Palmaraponeurose.

- Die laterale Begrenzung wird durch die Sehnen der Musculi abductor pollicis longus und extensor pollicis brevis gebildet.
- Die mediale Grenze wird von der Sehne des Musculus extensor pollicis longus gebildet.
- Der Boden der Grube wird von Os scaphoideum und Os trapezium sowie den distalen Sehnenenden des Musculus extensor carpi radialis longus und des Musculus extensor carpi radialis brevis gebildet.

Die Arteria radialis verläuft schräg unterhalb der Strecksehnen des Daumens durch die Tabatière und liegt dem Os scaphoideum und dem Os trapezium an.

Abb. 7.96



Tabatière.

Die Endäste des Ramus superficialis des Nervus radialis verlaufen subkutan über der Tabatière; genauso verläuft der Ursprung der Vena cephalica am Rete venosum dorsale manus über der Tabatière.

741
742

Klinik

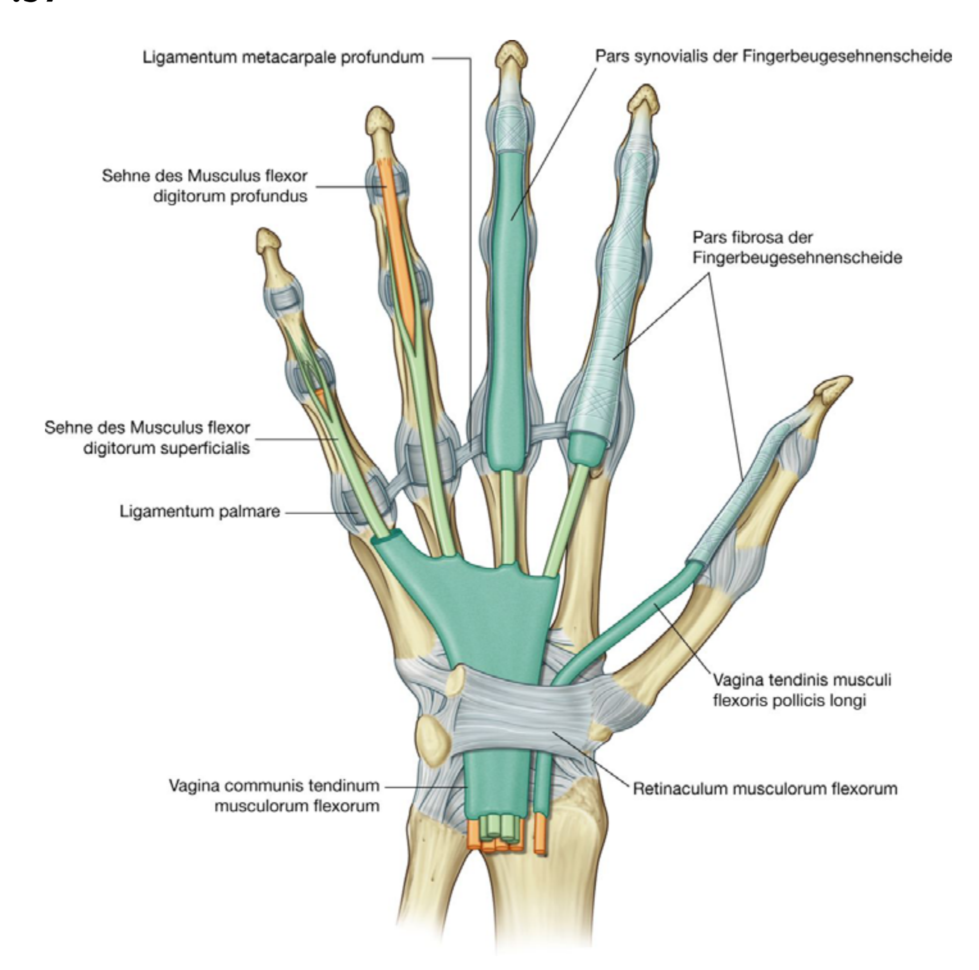
Tabatière

Die Tabatière ist eine wichtige klinische Region. Bei Ulnarabduktion der Hand kann man das Os scaphoideum in der Tabatière tasten. Diese Position erlaubt es dem Arzt bei Verdacht auf eine Skaphoidfraktur, den Knochen zu palpieren. Außerdem kann man in der Tabatière den Puls der Arteria radialis tasten.

Vaginae fibrosae digitorum manus

Nachdem die Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis und des Musculus flexor digitorum profundus den Karpaltunnel verlassen haben, überkreuzen sie die Hohlhand und treten auf der palmaren Fingerseite in die digitalen Sehnenscheiden ein (Abb. 7.97). Diese Fingersehnenscheiden

Abb. 7.97



Digitale Sehnenscheiden mit Pars fibrosa und Pars synovialis.

- beginnen proximal ventral der Metakarpophalangealgelenke und reichen bis zum Endglied der Finger.

- werden von fünf Ringbändern (Ligamenta anularia; Partes anulares vaginae fibrosae, die von proximal nach distal AI–AV bezeichnet werden) und drei kreuz- oder Y-förmige Bänder (Partes cruciformes vaginae fibrosae, die von proximal nach distal als CI–CIII 742 bezeichnet werden) verstärkt, 743 die an den Rändern der knöchernen Phalangen und den Ligamenta palmaria (palmare Faserknorpelplatten, die an den Metakarpophalangealgelenken und den Interphalangealgelenken vorkommen) befestigt sind.

- fixieren den osteofibrösen Kanal der Beugesehnen an den Knochen und verhindern so einen Bogensehneneffekt der Sehnen bei Flexion der Finger.

In jedem der osteofibrösen Kanäle sind die Sehnen von der Pars synovialis der Sehnenscheiden umgeben. Die Sehnenscheiden von Daumen und Kleinfinger gehen kontinuierlich in die Sehnenscheide des Karpaltunnels über (Abb. 7.94). *Entzündungen der palmaren Sehnenscheiden (Sehnenscheidenphlegmone oder Sehnenscheidenpanaritium) können sich entsprechend den Verbindungen zwischen den karpalen Sehnenscheiden und Fingersehnenscheiden vom Karpalkanal zu den Fingern ausbreiten oder umgekehrt. Häufig kommt dabei die sog. V-Phlegmone bei kontinuierlichem Übergang von Daumen- und Kleinfingersehnenscheide in die karpalen Sehnenscheiden vor. Unter dem Begriff „schnellender Finger" versteht man lokale Verdickungen der Fingerbeugersehnen vor allem im Bereich des ersten Ringbands. Dabei kommt es zur Diskrepanz zwischen der Weite des Sehnenscheidenkanals und der Volumenzunahme der Sehnen; bei Beugung „schnappt" der Finger durch den Sehnenscheidenkanal.*

Dorsalaponeurose der Finger

Die Sehnen des Musculus extensor digitorum und des Musculus extensor pollicis longus laufen auf die Dorsalseite der Finger, breiten sich über der Phalanx proximalis aus und bilden die komplexe **Dorsalaponeurose**, die klinisch auch als **„Streckerhaube"** der Finger bezeichnet wird (Abb. 7.98A). In die Dorsalaponeurose strahlen die Sehnen der Musculi extensor digiti minimi, extensor indicis und extensor pollis brevis ein.

Jede Streckerhaube ist eine dreieckige Bindegewebsplatte mit folgenden Eigenschaften:

- Sie ist mit der Spitze an der Phalanx distalis befestigt.

- Ihre zentrale Region setzt an der Phalanx medialis (Zeige-, Mittel-, Ring-, und Kleinfinger) oder der Phalanx proximalis (Daumen) an.

- Sie ist an jeder Ecke der Basis um das Metakarpophalangealgelenk gewunden. Beim Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger sind die Ecken hauptsächlich am Ligamentum metacarpale profundum befestigt. Beim Daumen haftet die Streckerhaube beidseits der Muskulatur an.

Zusätzlich zu weiteren Ansätzen inserieren viele der intrinsischen Handmuskeln am freien seitlichen Rand der Dorsalaponeurose. Durch die Insertion an der Streckerhaube sind die intrinsischen Muskeln für die komplexen Fingerbewegungen verantwortlich, die durch die Strecksehnen allein nicht ausgeführt werden könnten.

Am Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger setzten die Musculi lumbricales und interossei sowie der Musculus abductor digiti minimi an der Dorsalaponeurose an. Am Daumen inserieren die Musculi adductor pollicis und abductor pollicis an der Streckerhaube.

Da die Kraft der kleinen intrinsischen Handmuskeln an der Dorsalaponeurose distal des Drehpunktes der Metakarpophalangealgelenke wirkt, beugen die Muskeln diese Gelenke (Abb. 7.98B). Gleichzeitig wird die Kraft dorsal über die Streckerhaube auf die Interphalangealgelenke übertragen und streckt sie. Die Fähigkeit, die Grundgelenke zu beugen und gleichzeitig die Mittel- und Endgelenke zu strecken, ist ausschließlich dadurch möglich, dass die intrisische Handmuskulatur über die Dorsalaponeurosen wirkt. Diese Präzisionsbewegung wird beispielsweise beim Schreiben des Buchstabens „t“ für den Aufstrich benötigt (Abb. 7.98C).

Muskulatur

Zu den intrinsischen Muskeln der Hand gehören der Musculus adductor pollicis, die Musculi interossei, die Thenarmuskulatur, die Hypothenarmuskulatur, der Musculus palmaris brevis und die Musculi lumbricales (Abb. 7.99 bis 7.103). Anders als die extrinsischen Muskeln, die ihren Ursprung am Unterarm und ihren Ansatz an der Hand haben und vorwiegend für den Grobgriff zuständig sind, kommen die intrinsischen Muskeln ausschließlich an der Hand vor und sind für feinere Bewegungen (Feingriff) der Finger und des Daumens verantwortlich.

Fast alle intrinsischen Muskeln der Hand werden vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert. Ausnahmen sind die drei Thenarmuskeln (der Musculus flexor pollicis brevis hat eine Doppelinnervation) und die beiden radialen Musculi lumbricales, die vom Nervus medianus innerviert werden. Die intrinsischen Muskeln werden vorwiegend vom Spinalsegment Th1 versorgt, erhalten aber auch Fasern aus C8.

Die Musculi interossei liegen zwischen und setzen an den Metakarpalknochen an (Abb. 7.99 und 7.100). Sie entspringen an der Phalanx proximalis eines jeden Fingers und setzen an der Dorsalaponeurose an. Man unterteilt sie in zwei Gruppen: die Musculi interossei dorsales und die Musculi interossei palmares. Alle Musculi interossei werden vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert. Zusammen führen sie zur Abduktion und Adduktion der Finger und tragen zu den komplexen Bewegungen der Finger bei, die durch die Dorsalaponeurosen erzeugt werden.

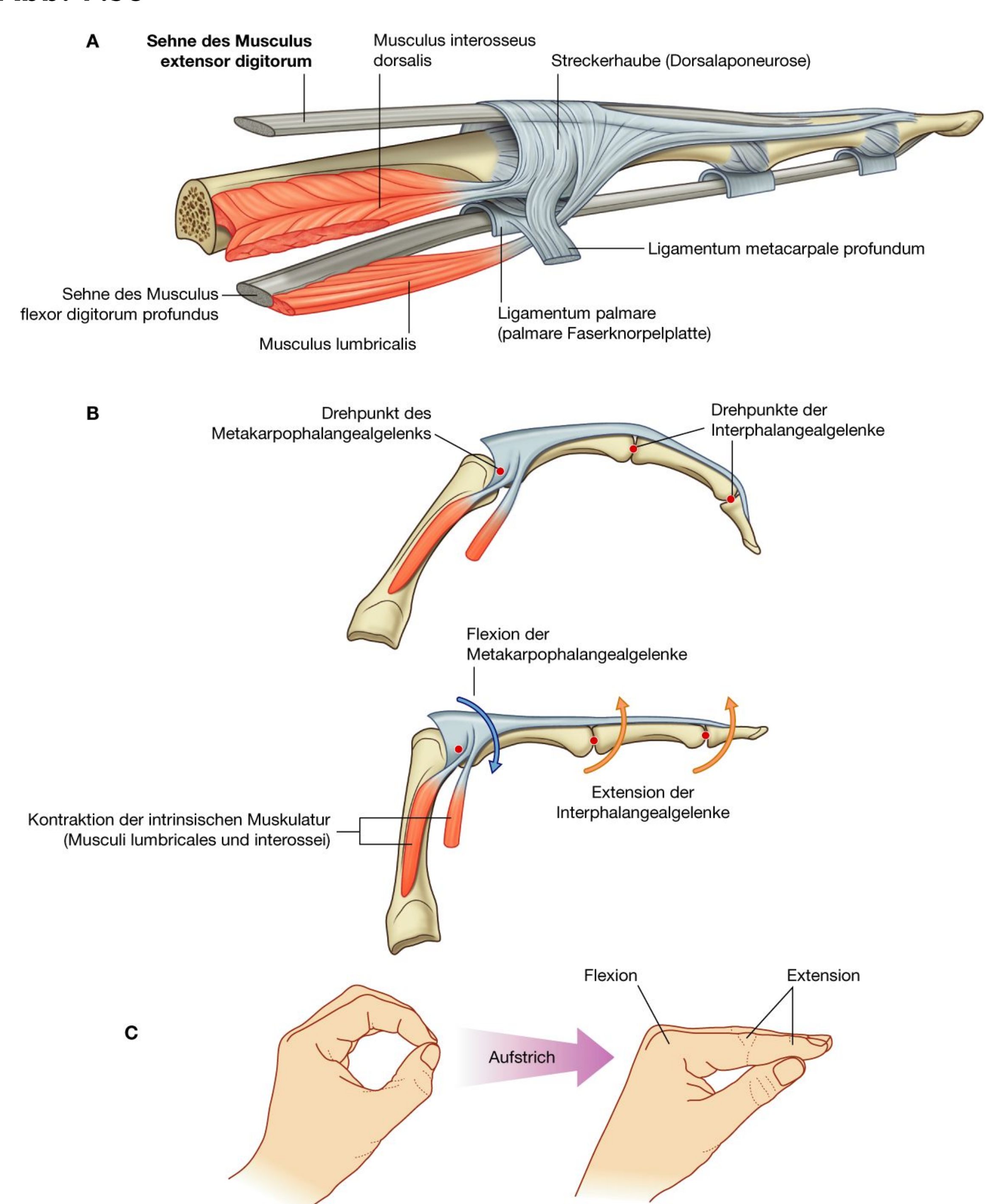
Musculi interossei dorsales

Die **Musculi interossei dorsales** liegen von allen intrinsischen Muskeln der Hand am weitesten dorsal und können durch die Haut des Handrückens getastet werden (Abb. 7.99). Es gibt vier doppelt gefiederte Musculi interossei dorsales zwischen den Schäften der

angrenzenden Mittelhandknochen, von denen sie auch entspringen (Abb. 7.99). Jeder Muskel setzt an der Basis der Phalanx proximalis und der Dorsalaponeurose des dazugehörigen Fingers an.

743
744

Abb. 7.98



Dorsalaponeurose der Finger. **A**. Muskeln und Sehnen des linken Zeigefingers, Ansicht von radial. **B**. Drehpunkte und Funktion der Musculi lumbricales und interossei. **C**. Präzisionsbewegung.

Die Sehnen der Musculi interossei dorsales verlaufen dorsal vom Ligamentum metacarpale profundum:

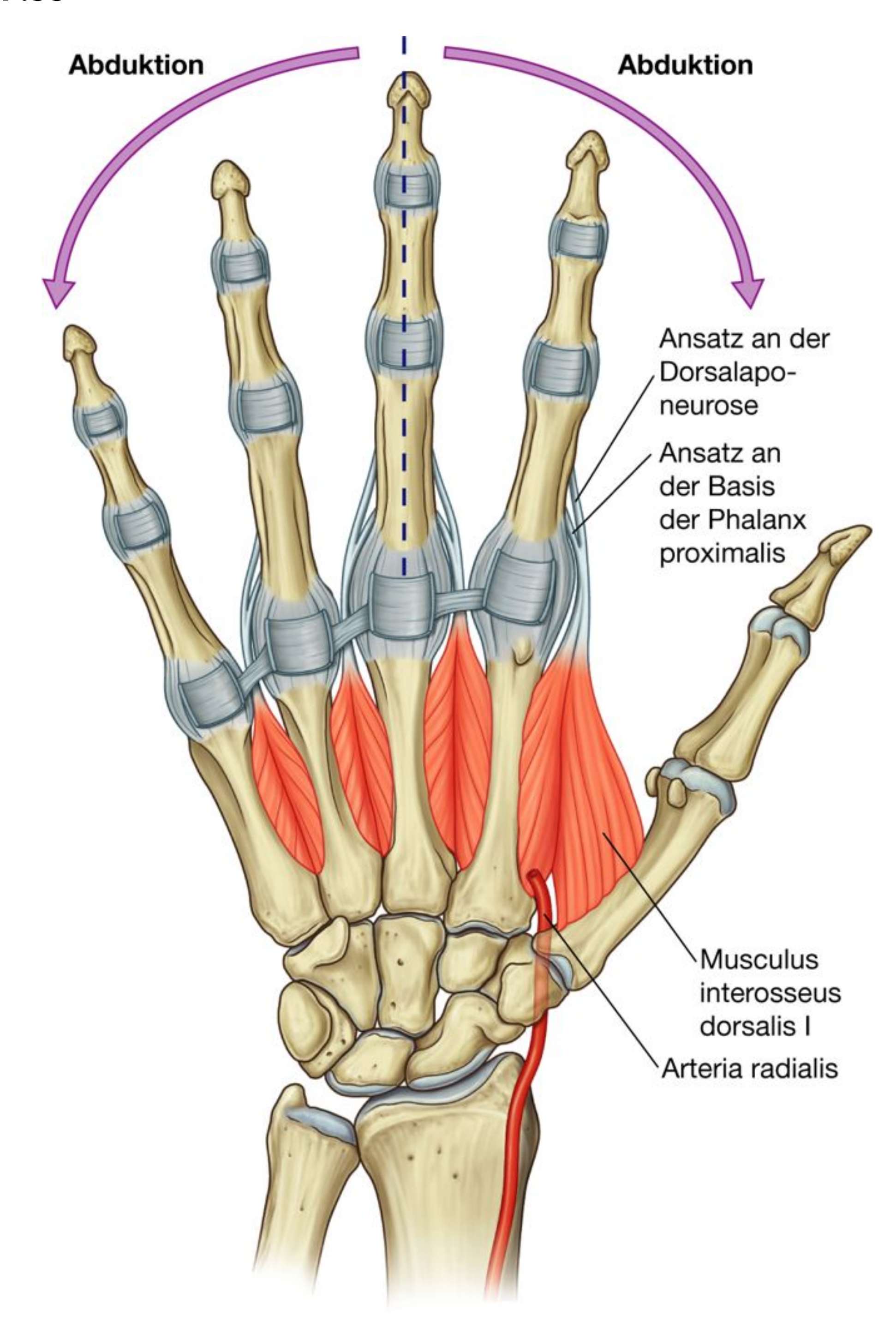
- Der Musculus interosseus dorsalis I ist der größte Musculus interosseus. Er inseriert an der radialen Seite der Basis der Phalanx proximalis des Zeigefingers.

744

745

- Die Musculi interossei dorsales II und III setzen an der ulnaren (II) bzw. radialen (III) Seite der Basis der Phalanx proximalis des Mittelfingers an.
- Der Musculus interosseus dorsalis IV inseriert an der Basis der Phalanx proximalis des Ringfingers.

Abb. 7.99



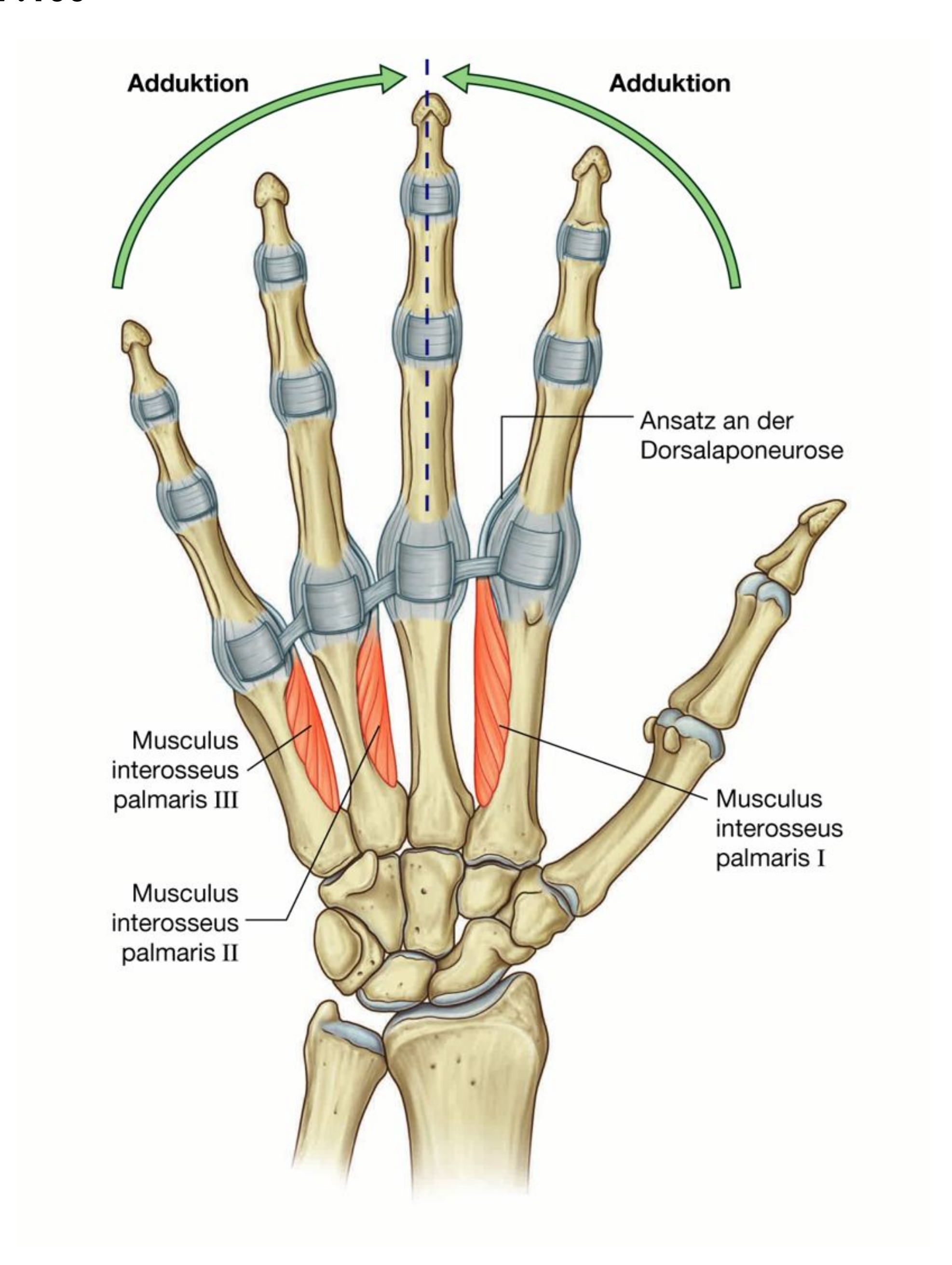
Musculi interossei dorsales (Ansicht von palmar).

Durch ihren Ansatz an der Dorsalaponeurose beugen die Musculi interossei im Grundgelenk und strecken im Mittel- und Endgelenk. Außerdem wirken sie als Hauptabduktoren des Zeige-, Mittel- und Ringfingers in den Metakarpophalangealgelenken (Tab. 7.15). Der Mittelfinger kann in Bezug auf seine Längsachse sowohl nach medial als auch nach lateral abduziert werden, da an jeder Seite des Fingers ein Musculus interosseus dorsalis ansetzt.

Der Daumen und der Kleinfinger besitzen jeweils ihren eigenen Abduktor im Thenar und Hypothenar und benötigen daher keine Musculi interossei dorsales.

Die Arteria radialis verläuft zwischen den beiden Köpfen des Musculus interosseus dorsalis I auf ihrem Weg aus der Tabatière über das dorsoradiale Handgelenk in die tiefe Hohlhand.

Abb. 7.100



Musculi interossei palmares (Ansicht von palmar).

Musculi interossei palmares

Die drei **Musculi interossei palmares** liegen ventral der Musculi interossei dorsales und sind einfach gefiederte Muskeln, die an den Mittelhandknochen der Finger entspringen, mit denen sie assoziiert sind (Abb. 7.100).

Der Musculus interosseus palmaris I entspringt von der ulnaren Seite des Corpus ossis metacarpi II und setzt an der ulnaren Seite der Grundgelenkskapsel und der Dorsalaponeurose des Zeigefingers an.

Die Musculi interossei palmares II und III entspringen an der radialen Oberfläche der Mittelhandknochen IV bzw. V und inserieren an der radialen Seite der dazugehörigen Gelenkkapsel und der Streckerhaube des Ring- bzw. Kleinfingers.

Vergleichbar den Sehnen der Musculi interossei dorsales verlaufen die Sehnen der Musculi interossei palmares dorsal der Ligamenta metacarpalia profunda.

Die Musculi interossei palmares adduzieren Zeige-, Ring- und Kleinfinger in den Fingergrundgelenken zum Mittelfinger. Durch den Ansatz der Sehnen an der Dorsalaponeurose sind die Muskeln auch an der komplexen Extension und Flexion der Fingergelenke beteiligt (Tab. 7.15).

745
746

Tab. 7.15 Intrinsische Muskulatur der Hand (fett gedruckte Spinalsegmente sind die Hauptsegmente für die Innervation)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus palmaris brevis	Palmaraponeurose und Retinaculum musculorum flexorum	Dermis der Haut an der medialen Hand	Ramus superficialis nervi ulnaris C8, Th1	Verbessert den Griff
Musculi interossei dorsales (vier Muskeln)	Gegenüberliegende Seiten der Metakarpalknochen	Dorsalaponeurose und Basis der Phalanx proximalis der Finger II–IV	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, **Th1**	Abduktion des Zeige-, Mittel- und Ringfingers im Mittelgelenk; Flexion der Grundgelenke und Extension der Mittel- und Endgelenke der Finger
Musculi interossei palmares (drei Muskeln)	Seitlich am Corpus ossis metacarpi (II, IV, V)	Gelenkkapsel des Grundgelenks und Dorsalaponeurosen von Zeige-, Ring- und Kleinfinger	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, **Th1**	Adduktion von Zeige-, Ring- und Kleinfinger zum Mittelfinger im Grundgelenk; Flexion der Grundgelenke und Extension der Mittel- und Endgelenke der Finger
Musculus adductor pollicis	Caput transversum: Corpus ossis metacarpi III Caput obliquum: Os capitatum sowie Basen der Ossa metacarpi II und III	Basis der Phalanx proximalis des Daumens und Gelenkkapsel des Daumengrundgelenks	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, **Th1**	Adduktion und Innenrotation im Daumensattelgelenk bei der Opposition des Daumens; Flexion im Daumengrundgelenk
Thenarmuskulatur				
Musculus opponens pollicis	Tuberculum ossis trapezii und Retinaculum musculorum flexorum	Lateraler Rand des Os metacarpi I	Ramus thenaris des Nervus medianus C8, **Th1**	Innenrotation, Flexion und Adduktion im Daumensattelgelenk
Musculus abductor pollicis brevis	Tuberculum ossis scaphoidei und Retinaculum musculorum flexorum	Laterale Seite der Basis der Phalanx proximalis des Daumens, Gelenkkapsel und Dorsalaponeurose	Ramus thenaris des Nervus medianus C8, **Th1**	Abduktion im Daumensattelgelenk

Musculus flexor pollicis brevis	Caput superficiale: Retinaculum musculorum flexorum; Caput profundum: Os trapezoideum, Os trapezium, Os capitatum	Radiales Sesambein der Articulatio metacarpophalangea pollicis sowie Basis der Grundphalanx des Daumens	Ramus thenaris des Nervus medianus C8, **Th1** (Caput superficiale); Ramus profundus des Nervus ulnaris (Caput profundum) C7–**Th1**	Caput superficiale: Flexion des Daumens im Grundgelenk; Caput profundum: Flexion, Adduktion und Innenrotation im Daumensattelgelenk bei der Opposition
Hypothenarmuskulatur				
Musculus opponens digiti minimi	Hamulus ossis hamati und Retinaculum musculorum flexorum	Medialer Rand des Os metacarpi V	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, **Th1**	Einwärtsdrehung des Os metacarpi V im Karpometakarpalgelenk
Musculus abductor digiti minimi	Os pisiforme, Hamulus ossis hamati, Ligamentum pisohamatum und Ansatzsehne des Musculus flexor carpi ulnaris	Ulnare Seite der Phalanx proximalis des Kleinfingers	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, Th1	Abduktion des kleinen Fingers im Metakarpophalangealgelenk
Musculus flexor digiti minimi brevis	Hamulus ossis hamati und Retinaculum musculorum flexorum	Phalanx proximalis des kleinen Fingers	Ramus profundus des Nervus ulnaris C8, Th1	Flexion des kleinen Fingers im Metakarpophalangealgelenk
Musculi lumbricales	(Kein knöcherner Ansatz) radialer Rand der Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus	Dorsalaponeurose des Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfingers	Musculus lumbricalis III, IV: Ramus profundus des Nervus ulnaris; Musculus lumbricalis I und II: Nervus medianus	Flexion der Grundgelenke II –V und Extension im Mittel- und Endgelenk der Finger

746
747

Musculus adductor pollicis

Der **Musculus adductor pollicis** ist ein großer dreieckiger Muskel, der ventral von den Musculi interossei und quer durch die Hohlhand verläuft (Abb. 7.101). Er entspringt mit zwei Köpfen:

- mit dem **Caput transversum** vom palmaren Corpus ossis metacarpi III
- mit dem **Caput obliquum** vom Os capitatum und von den Basen der Ossa metacarpi II und III.

Die beiden Köpfe verschmelzen radial und bilden eine gemeinsame Sehne, die häufig ein Sesambein enthält. Die Sehne setzt an der medialen Seite der Basis der Grundphalanx des Daumens und der Grundgelenkkapsel an.

Die Arteria radialis verläuft ventral und medial zwischen den beiden Muskelköpfen in die Hohlhand, wo sie den Arcus palmaris profundus bildet.

Der Musculus adductor pollicis ist ein kräftiger Adduktor des Daumens; außerdem dreht er den Daumen bei der Opposition nach innen (Tab. 7.15).

Thenarmuskulatur

Die drei Thenarmukeln (Musculus opponens pollicis, Musculus flexor pollicis brevis und Musculus abductor pollicis brevis) sind mit der Opposition des Daumens zu den Fingern und mit den Feinbewegungen des Daumens assoziiert (Abb. 7.102). Sie sind für den prominenten Daumenballen **(Thenar)** an der lateralen Hohlhandseite der Basis des Daumens verantwortlich.

Die Thenarmuskeln werden vom Ramus thenaris des Nervus medianus innerviert. Eine Ausnahme bildet hierbei der Musculus flexor pollicis brevis, der eine Doppelinnervation besitzt. Sein Caput superficiale wird wie die anderen Thenarmuskeln vom Ramus thenaris des Nervus medianus, sein Caput profundum vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert.

Musculus opponens pollicis

Der **Musculus opponens pollicis** ist der größte Thenarmuskel und liegt unter den beiden anderen Thenarmuskeln (Abb. 7.102). Er entspringt am Tuberculum ossis trapezii und am Retinaculum musculorum flexorum. Sein Ansatz liegt entlang der gesamten Länge des radialen Os metacarpi I.

Der Musculus opponens pollicis bewirkt bei der Opposition eine Einwärtsdrehung, Adduktion und Flexion des Daumens im Daumensattelgelenk, sodass der Daumen den anderen Fingern gegenübersteht (Tab. 7.15).

Musculus abductor pollicis brevis

Der **Musculus abductor pollicis brevis** liegt oberhalb des Musculus opponens pollicis und proximal des Musculus flexor pollicis brevis (Abb. 7.102). Er entspringt vom Tuberculum ossis scaphoidei und vom Retinaculum musculorum flexorum und setzt an der radialen Seite der Basis der Phalanx proximalis des Daumens, der Gelenkkapsel und der Dorsalaponeurose an.

Der Musculus abductor pollicis brevis abduziert den Daumen im Daumensattelgelenk. Er führt zu einer leichten Flexion im Daumengrundgelenk und trägt zur Öffnung der Hand für die Greifbewegung bei (Tab. 7.15).

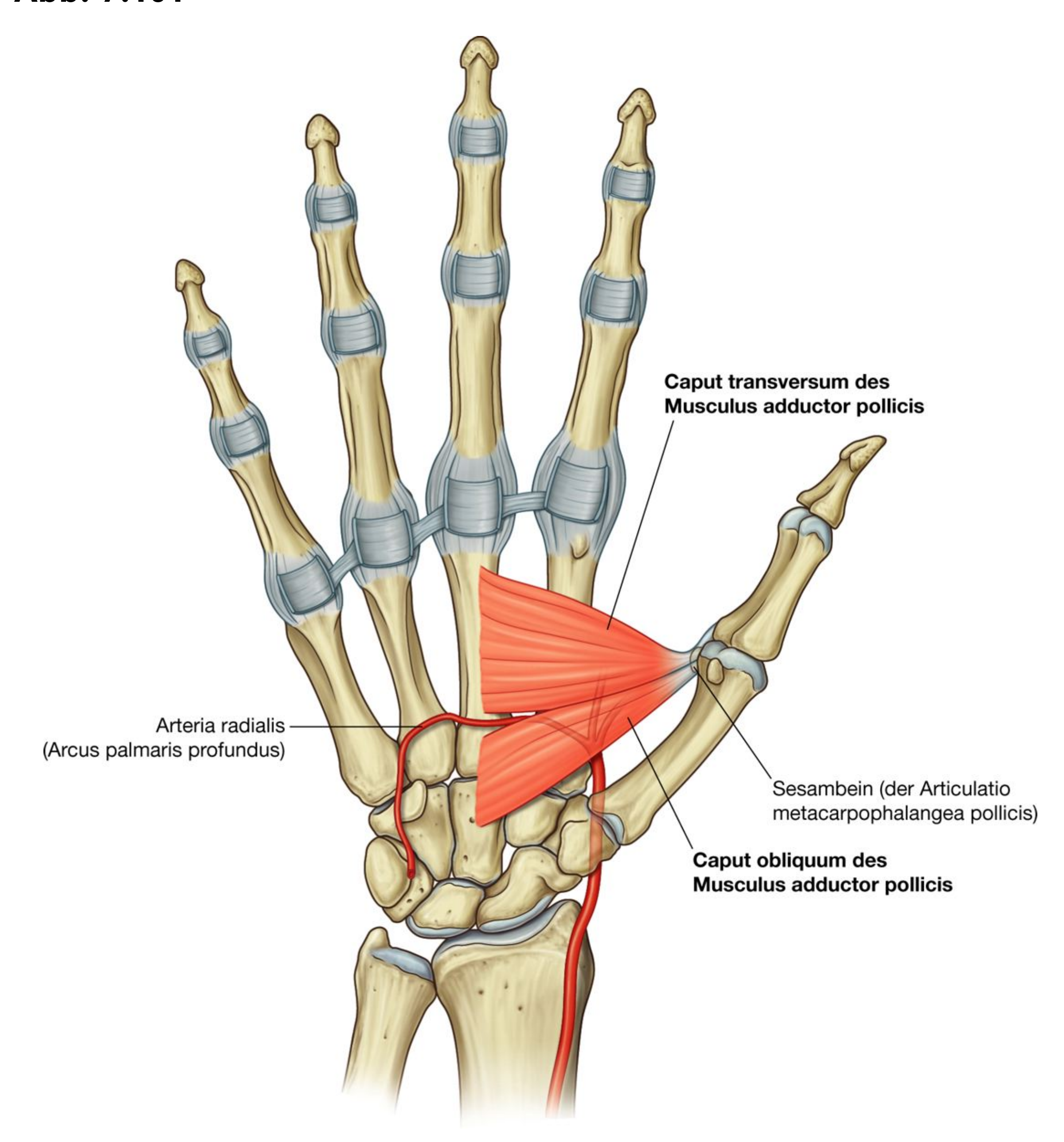
Musculus flexor pollicis brevis

Der **Musculus flexor pollicis brevis** liegt distal des Musculus abductor pollicis brevis (Abb. 7.102). Das Caput superficiale entspringt vom Retinaculum musculorum flexorum, das Caput profundum von den Ossa trapezoideum, trapezium, capitatum sowie variabel an der Basis des Os metacarpi II. Er inseriert an der lateralen Basis der Phalanx proximalis des Daumens. Die Sehne enthält häufig ein Sesambein.

747

748

Abb. 7.101



Musculus adductor pollicis.

Der Musculus flexor pollicis brevis beugt das Metakarpophalangealgelenk des Daumens (Tab. 7.15). Die beiden Köpfe werden normalerweise unterschiedlich innerviert: Das Caput superficiale wird wie die übrigen Thenarmuskeln vom Ramus thenaris des Nervus medianus, das Caput profundum vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert.

Hypothenarmuskulatur

Die Muskulatur des Hypothenars (Musculi opponens digiti minimi, abductor digiti minimi und flexor digiti minimi brevis) tragen zur Vorwölbung an der ulnaren Hohlhandfläche (Kleinfingerballen = **Hypothenar**) an der Basis des Kleinfingers bei. Die Hypothenarmuskeln sind den Thenarmuskeln in Name und Organisation ähnlich.

Anders als die Thenarmuskulatur wird die gesamte Hypothenarmuskulatur vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert.

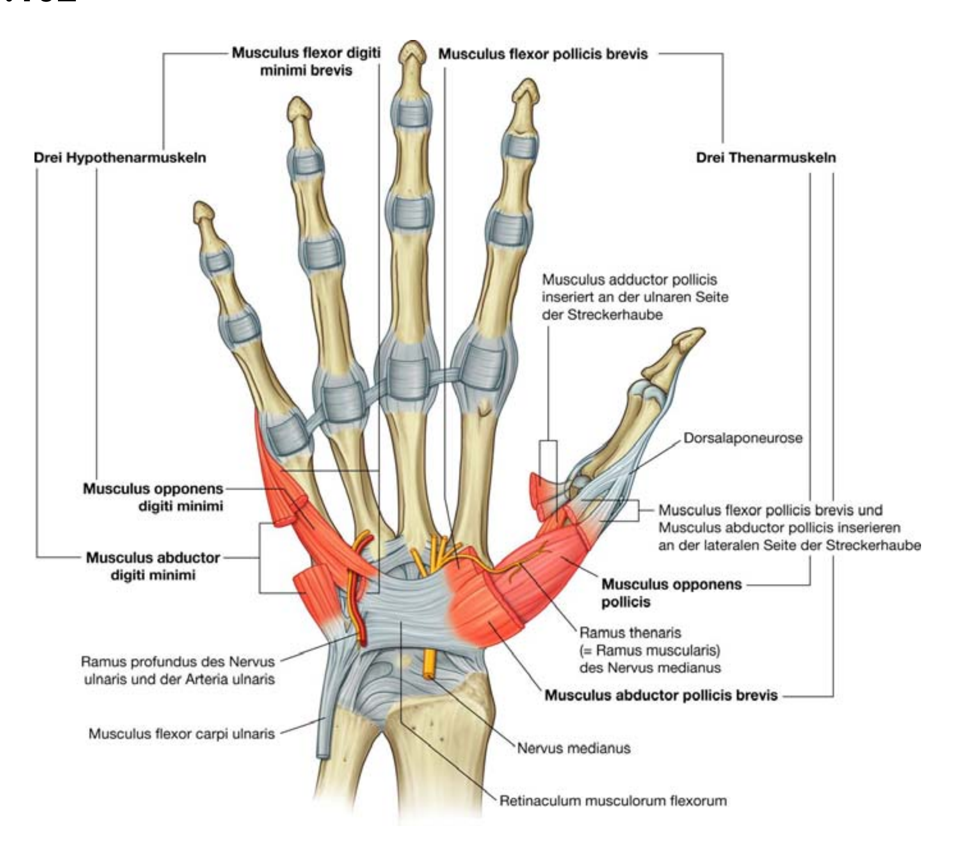
Musculus opponens digiti minimi

Der **Musculus opponens digiti minimi** liegt unterhalb der beiden anderen Hypothenarmuskeln (Abb. 7.102). Er entspringt am Hamulus ossis hamati sowie am Retinaculum musculorum flexorum und setzt am ulnaren Rand des Os metacarpi V an. An seiner Basis treten der Ramus profundus des Nervus ulnaris und die Arteria ulnaris durch den Muskel.

748

749

Abb. 7.102



Thenarmuskulatur und Hypothenarmuskulatur.

Der Musculus opponens digiti minimi dreht den fünften Mittelhandknochen in Richtung Hohlhand. Aufgrund der Form des Karpometakarpalgelenks und des Ligamentum metacarpale profundum, das das Köpfchen des fünften Mittelhandknochens am vierten Mittelhandknochen fixiert, ist die Bewegung allerdings sehr eingeschränkt (Tab. 7.15).

Musculus abductor digiti minimi

Der **Musculus abductor digiti minimi** liegt über dem Musculus opponens digiti minimi (Abb. 7.102). Er entspringt am Os pisiforme, am Ligamentum pisohamatum und an der Ansatzsehne des Musculus flexor carpi ulnaris und setzt an der Basis der Phalanx proximalis des Kleinfingers an.

Der Musculus abductor digiti minimi ist der Hauptabduktor des Kleinfingers (Tab. 7.15). Außerdem beugt er den Kleinfinger im Grundgelenk und streckt ihn im Mittel- und Endgelenk.

Musculus flexor digiti minimi brevis

Der **Musculus flexor digiti minimi brevis** liegt lateral des Musculus abductor digiti minimi (Abb. 7.102). Er entspringt am Hamulus ossis hamati sowie am Retinaculum musculorum flexorum und setzt zusammen mit dem Musculus abductor digiti minimi an der ulnaren Basis der Phalanx proximalis des Kleinfingers an.

Der Musculus flexor digiti minimi brevis beugt im Grundgelenk und führt zu einer leichten Drehung des Os metacarpi V im Karpometakarpalgelenk bei der Oppositionsbewegung.

749

750

Musculi lumbricales

Es gibt vier Musculi lumbricales. Jeder Musculus lumbricalis ist mit einem Finger (Ausnahme: Daumen) assoziiert. Die Muskeln entspringen von den Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus in der Hohlhand:

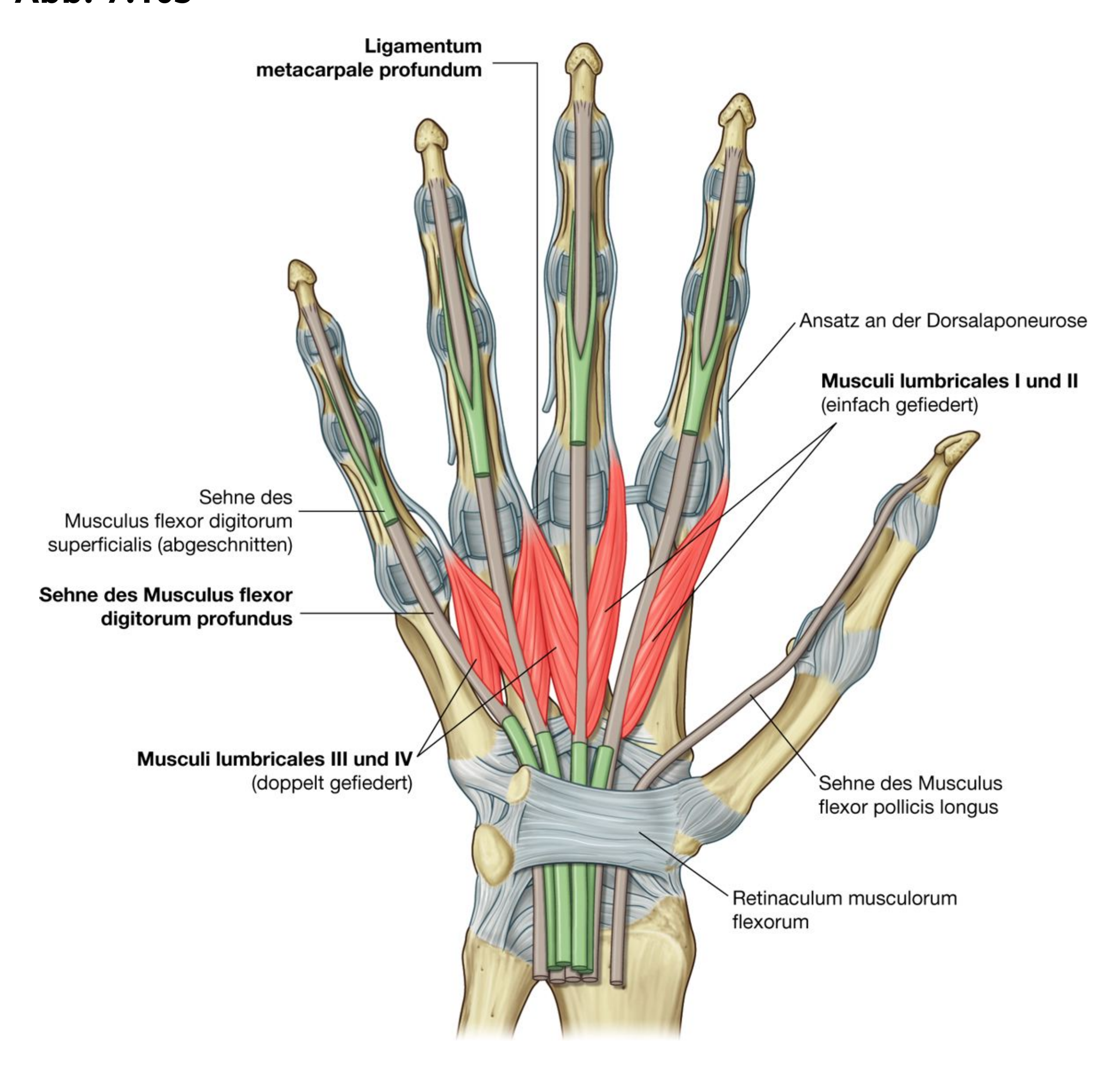
- Die beiden ulnaren Musculi lumbricales (III und IV) sind doppelt gefiedert und entspringen an den einander zugewandten Seiten der Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus zum Mittel-, Ring- und Kleinfinger.
- Die radialen Musculi lumbricales (I und II) sind einfach gefiedert und entspringen von den Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus, die mit dem Zeige- und Mittelfinger assoziiert sind.

Die Musculi lumbricales verlaufen dorsal um die radiale Seite des entsprechenden Fingers und inserieren an der Streckerhaube (Dorsalaponeurose; Abb. 7.103). Die Sehnen der Muskeln liegen ventral von den Ligamenta metacarpalia profunda.

Die Musculi lumbricales sind einzigartig, da sie die Beugesehnen mit den Strecksehnen verbinden. Durch ihren Ansatz an der Streckerhaube beteiligen sie sich an der Flexion in den Grundgelenken der Finger II–V. Sie sind die „Startermuskeln“ der Beugung. Ferner unterstützen sie die Extension in den Mittel- und Endgelenken der Finger I–III.

Die ulnaren Musculi lumbricales (III und IV) werden vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert. Die beiden radialen Musculi lumbricales werden von Fingerästen des Nervus medianus innerviert (Tab. 7.15).

Abb. 7.103



Musculi lumbricales.

750

751

Arterien und Venen

Die Blutversorgung der Hand erfolgt über die Arteria radialis und die Arteria ulnaris, die in der Hohlhand zwei miteinander verbundene Gefäßbögen bilden (Arcus palmaris superficialis und Arcus palmaris profundus; Abb. 7.104). Von den beiden Bögen und den zuführenden Arterien gehen Arterienäste zu den Fingern, den Muskeln und den Gelenken ab:

- Die Arteria radialis trägt hauptsächlich zur Versorgung des Daumens und der radialen Seite des Zeigefingers bei.

- Die übrigen Finger und die ulnare Seite des Zeigefingers werden vorwiegend von der Arteria ulnaris versorgt.

Arteria ulnaris und Arcus palmaris superficialis

Die **Arteria ulnaris** und der Nervus ulnaris treten an der ulnaren Handgelenkseite durch die Guyon-Loge in die Hand (Abb. 7.105). Die Arterie verläuft dabei zwischen dem Musculus palmaris brevis und dem Retinaculum musculorum flexorum und liegt lateral des Nervus ulnaris und des Os pisiforme. Distal liegt die Arteria ulnaris ulnar vom Hamulus ossis hamati, verläuft bogenförmig über die Hohlhand und bildet so den **Arcus palmaris superficialis**, der oberhalb der langen Fingerbeugesehne und direkt unterhalb der Palmar-aponeurose verläuft. Der Arcus palmaris superficialis bildet lateral in der Hohlhand eine Anastomose mit dem Ramus palmaris superficialis der Arteria radialis.

Ein Ast der Arteria ulnaris ist der **Ramus palmaris profundus** (Abb. 7.104 und 7.105), der ulnarseitig aus der Arteria ulnaris entspringt, und zwar direkt distal des Os pisiforme. Er durchdringt den Ursprung der Hypothenarmuskeln und verläuft dann ulnar um den Hamulus ossis hamati herum in die Tiefe der Hohlhand.hier anastomosiert er mit dem Arcus palmaris profundus der Arteria radialis.

Äste des Arcus palmaris superficialis sind:

- eine palmare digitale Arterie zur Ulnarseite des Kleinfingers
- drei große **Arteriae digitales palmares communes**, die für die Hauptblutversorgung der radialen Seite des kleinen Fingers, der beiden Seiten von Ring- und Mittelfinger sowie der ulnaren Seite des Zeigefingers verantwortlich sind (Abb. 7.105). Die Arterien vereinigen sich mit den Arteriae metacarpales palmares des Arcus palmaris profundus, bevor sie sich in die **Arteriae digitales palmares propriae** aufteilen und entlang den Fingern verlaufen.

Arteria radialis und Arcus palmaris profundus

Die **Arteria radialis** läuft um die radiale Seite des Handgelenks, kreuzt den Boden der Tabatière und tritt in die Tiefe der Hohlhand, indem sie dorsal durch den Handrücken zieht (Abb. 7.104). Sie verläuft zwischen den beiden Köpfen des Musculus interosseus dorsalis I und anschließend zwischen den beiden Köpfen des Musculus adductor pollicis in der Tiefe der Hohlhand.hier bildet sie den Arcus palmaris profundus.

Der **Arcus palmaris profundus** verläuft zwischen den Mittelhandknochen und den langen Fingerbeugesehnen durch die Hohlhand. Auf der Ulnarseite der Hohlhand anastomosiert er mit dem Ramus palmaris profundus der Arteria ulnaris (Abb. 7.104 und 7.106).

Bevor die Arteria radialis in Richtung Handrücken verläuft, gibt sie zwei Äste ab:

- den **Ramus carpalis dorsalis**, der als **Arcus carpalis dorsalis** weiterzieht und die **Arteriae metacarpales dorsales** abgibt, die sich dann in die kleinen **Arteriae digitales dorsales** der Finger aufteilen
- die **Arteria metacarpalis dorsalis I**, die die sich gegenüberliegenden Seiten des Daumens und des Zeigefingers versorgt.

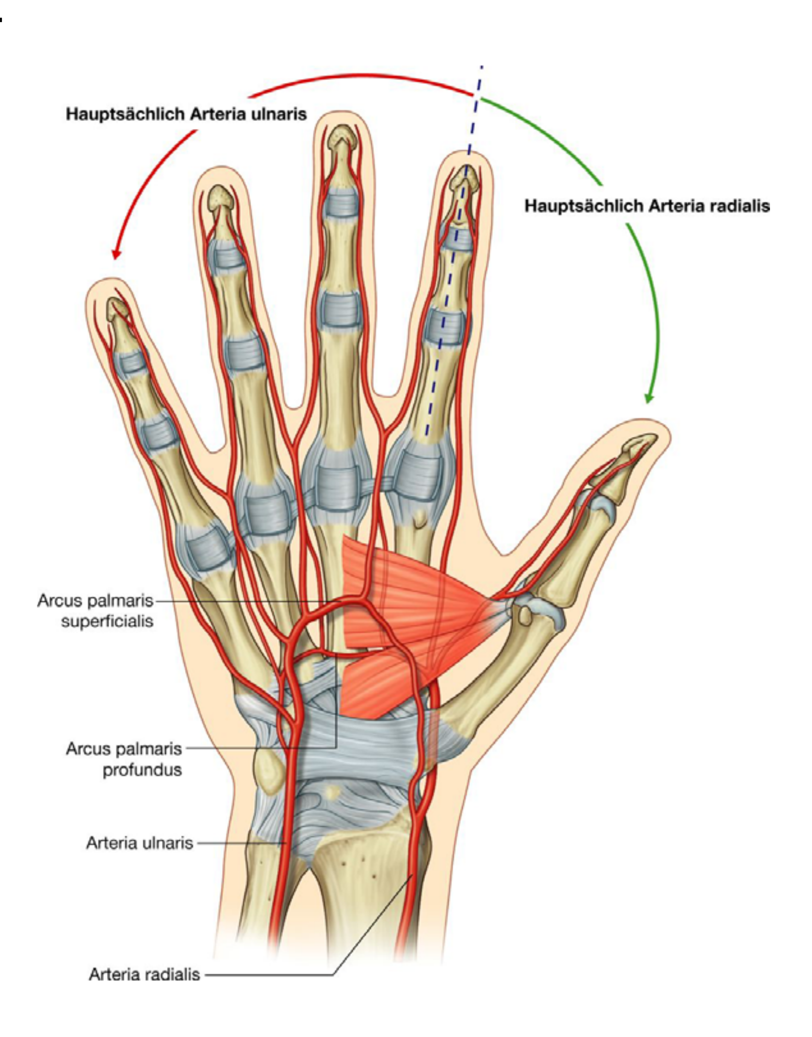
Zwei Gefäße, die **Arteria princeps pollicis** und die **Arteria radialis indicis**, gehen in der Schicht zwischen dem Musculus interosseus dorsalis I und dem Musculus adductor pollicis aus der Arteria radialis ab. Die Arteria princeps pollicis ist die Hauptarterie des Daumens, die Arteria radialis indicis versorgt die radiale Seite des Zeigefingers.

Der Arcus palmaris profundus gibt ab:

- drei **Arteriae metacarpales palmares**, die sich mit den Arteriae digitales palmares communes des Arcus palmaris superficialis verbinden
- drei **Rami perforantes**, die zwischen den Ursprüngen der Musculi interossei dorsales verlaufen, um mit den Arteriae metacarpales dorsales des Arcus carpalis dorsalis zu anastomosieren.

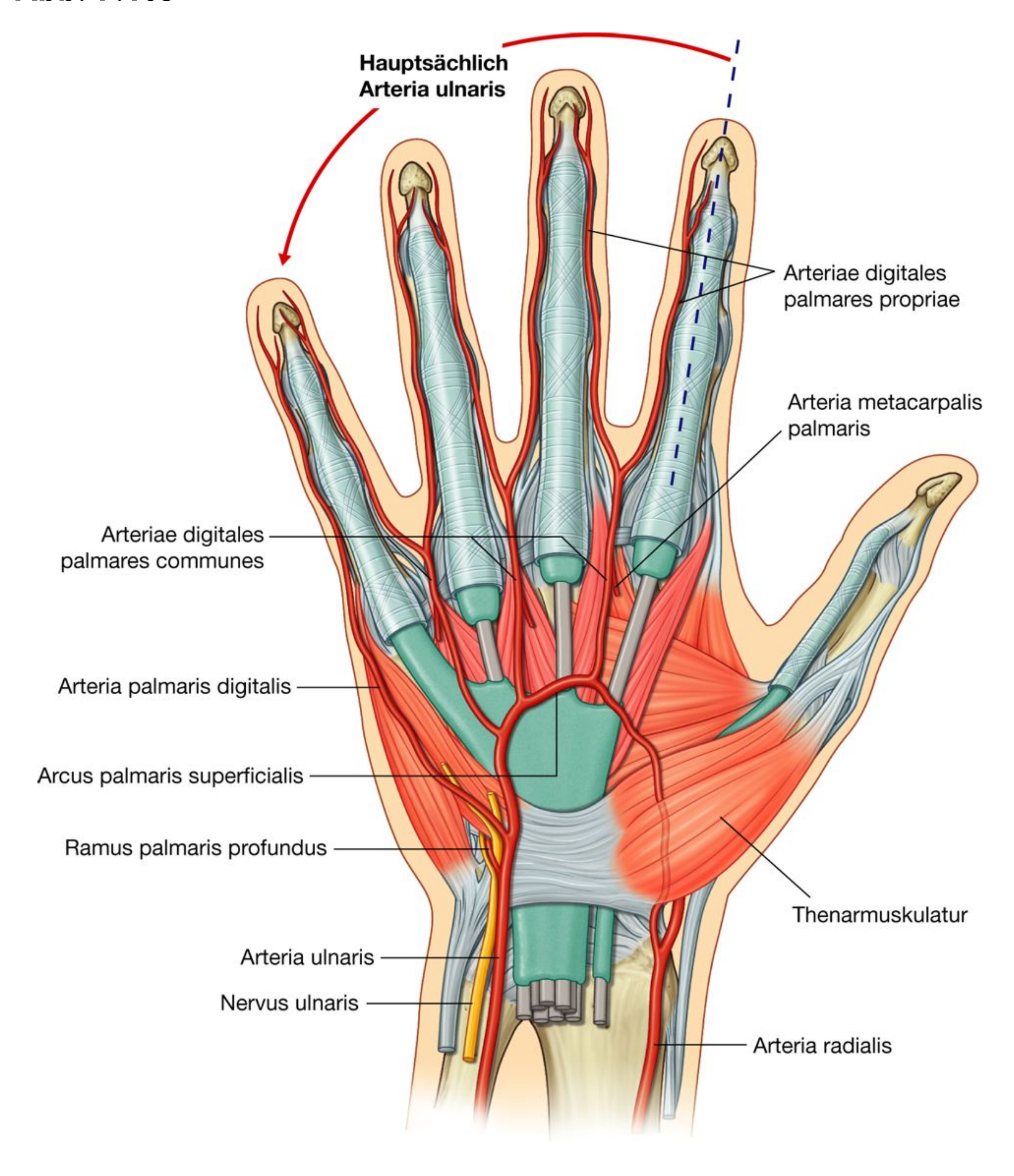
751
752

Abb. 7.104



Arterielle Versorgung der Hand.

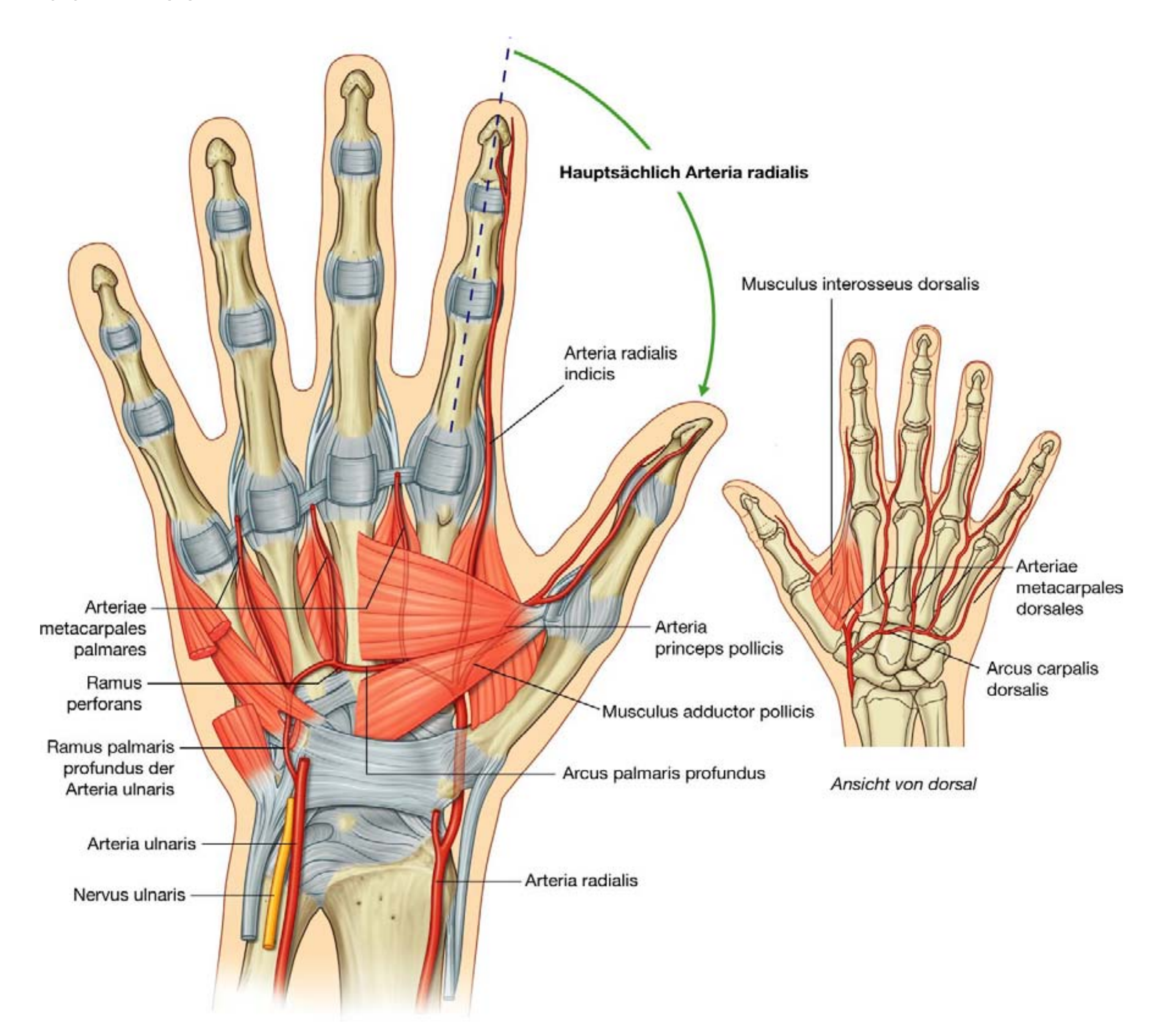
Abb. 7.105



Arcus palmaris superficialis.

752

Abb. 7.106



Arcus palmaris profundus.

Klinik

Allen-Test

Um die Anastomosen zwischen der Arteria ulnaris und der Arteria radialis zu testen, werden beide Arterien am Handgelenk komprimiert. Anschließend wird der Druck von der einen oder der anderen Arterie gelöst, um die Revaskularisation der Hand zu beurteilen. Wenn nur eine geringe Verbindung zwischen dem Arcus palmaris profundus und dem Arcus palmaris superficialis besteht, werden beim Lösen des Drucks an der Arteria radialis vor allem der Daumen und die radiale Seite des Zeigefingers durchblutet (rötliche Färbung).

Venen

Wie überall an der oberen Extremität bestehen an der Hand Netzwerke aus oberflächlichen und tiefen Venen. Die tiefen Venen verlaufen mit den Arterien; die oberflächlichen Venen

bilden das Rete venosum dorsale manus auf dem Handrücken oberhalb der Mittelhandknochen (Abb. 7.107).

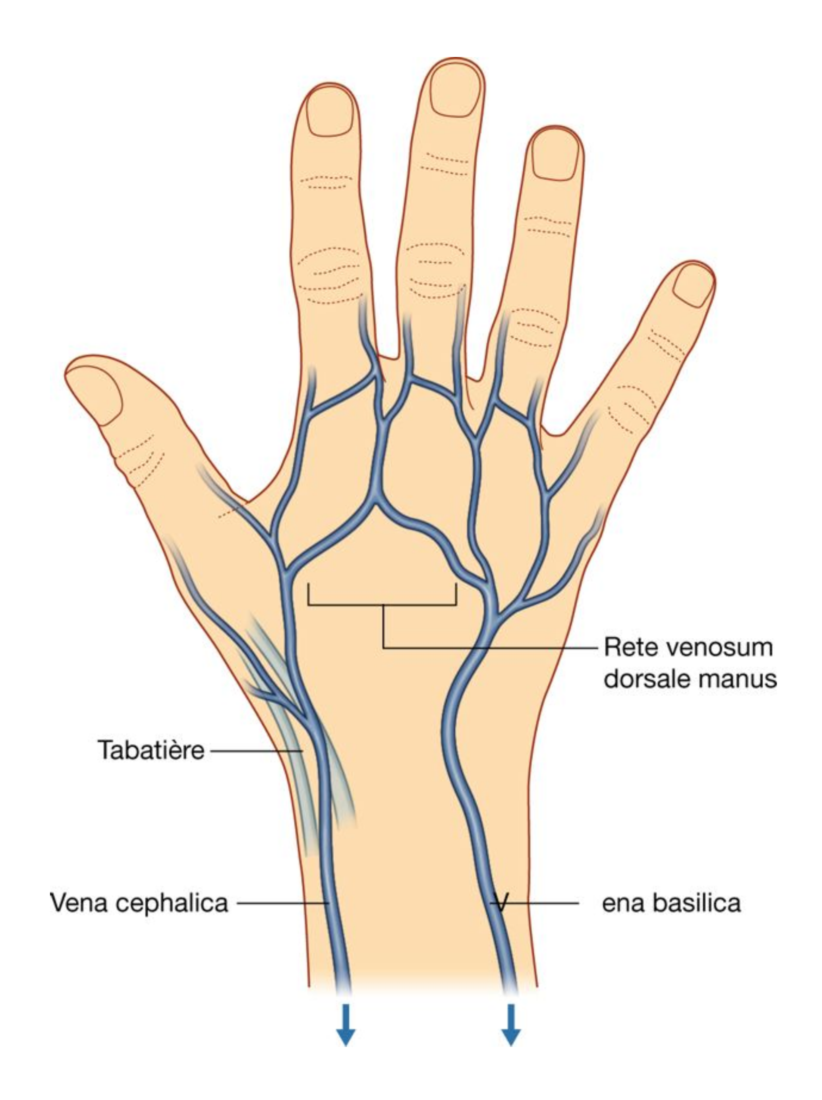
Die Vena cephalica entspringt an der radialen Seite des Rete venosum dorsale manus und läuft durch die Tabatière zum Unterarm.

Die Vena basilica entspringt an der ulnaren Seite des Rete venosum dorsale manus und verläuft nach dorsoulnar auf den Unterarm.

Nerven

Die Hand wird von den Nervi ulnaris, medianus und radialis innerviert (Abb. 7.108 bis 7.110). Alle drei Nerven tragen zur Hautsensibilität oder allgemeinen Sensibilität der Hand bei. Der Nervus ulnaris innerviert alle intrinsischen Muskeln der Hand mit Ausnahme des Musculus abductor pollicis brevis, Musculus opponens pollicis und des Caput superficiale des Musculus flexor pollicis brevis sowie der beiden radialen Musculi lumbricales I und II, die alle durch den Nervus medianus innerviert werden. Der Nervus radialis innerviert lediglich die Haut an der dorsoradialen Seite der Hand.

Abb. 7.107



Rete venosum dorsale manus.

Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris tritt radial vom Os pisiforme und ulnar der Arteria ulnaris in die Hand ein (Abb. 7.108). Direkt distal des Os pisiforme teilt er sich in einen vorwiegend motorischen Ramus profundus und einen vorwiegend sensiblen Ramus superficialis.

Der **Ramus profundus** des Nervus ulnaris verläuft zusammen mit dem Ramus profundus der Arteria ulnaris (Abb. 7.108). Er durchdringt und innerviert die Hypothenarmuskulatur. Anschließend tritt er in die Tiefe der Hohlhand, um unterhalb der langen Fingerbeugesehnen nach lateral zu ziehen und alle Musculi interossei, die beiden ulnaren Musculi lumbricales III und IV, den Musculus adductor pollicis und das Caput profundum des Musculus flexor pollicis brevis zu innervieren. Zusätzlich trägt der Ramus profundus des Nervus ulnaris mit kleinen Ästen zur Innervation des Handgelenks bei.

Beim Eintritt in der Hohlhand verläuft der Ramus profundus des Nervus ulnaris durch einen osteofibrösen Kanal, die Guyon-Loge (Loge de Guyon), zwischen dem Hamulus ossis hamati und den Beugesehnen. *Gelegentlich können kleine Aussackungen der Synovialmembran der karpalen Gelenke (Ganglien) den Nerv in der Loge de Guyon komprimieren und motorische Ausfälle bewirken.*

Der **Ramus superficialis** des Nervus ulnaris innerviert den Musculus palmaris brevis sowie über die Nervi digitales palmares communes, die sich auf die Finger als Nervi digitales palmares proprii fortsetzen, sensibel die Haut über dem palmaren Kleinfinger und der medialen palmaren Hälfte des Ringfingers (Abb. 7.108).

Nervus medianus

Der Nervus medianus ist der wichtigste sensible Nerv der Hand, da er die Haut des Daumens, des Zeige- und Mittelfingers und der radialen Seite des Ringfingers innerviert (Abb. 7.109). Die Sensibilität ist besonders in Bezug auf Berührungsempfindungen vor allem an der Haut von Daumen und Zeigefinger wichtig. Daneben werden sensible Informationen von den dreieinhalb radialen Fingern dazu genutzt, die Finger mit dem entsprechenden Kraftaufwand beim Zufassen zu steuern.

Der Nervus medianus innerviert die Thenarmuskeln (mit Ausnahme des Caput profundum des Musculus flexor pollicis brevis), die für die Opposition des Daumens zu den anderen Fingern verantwortlich sind.

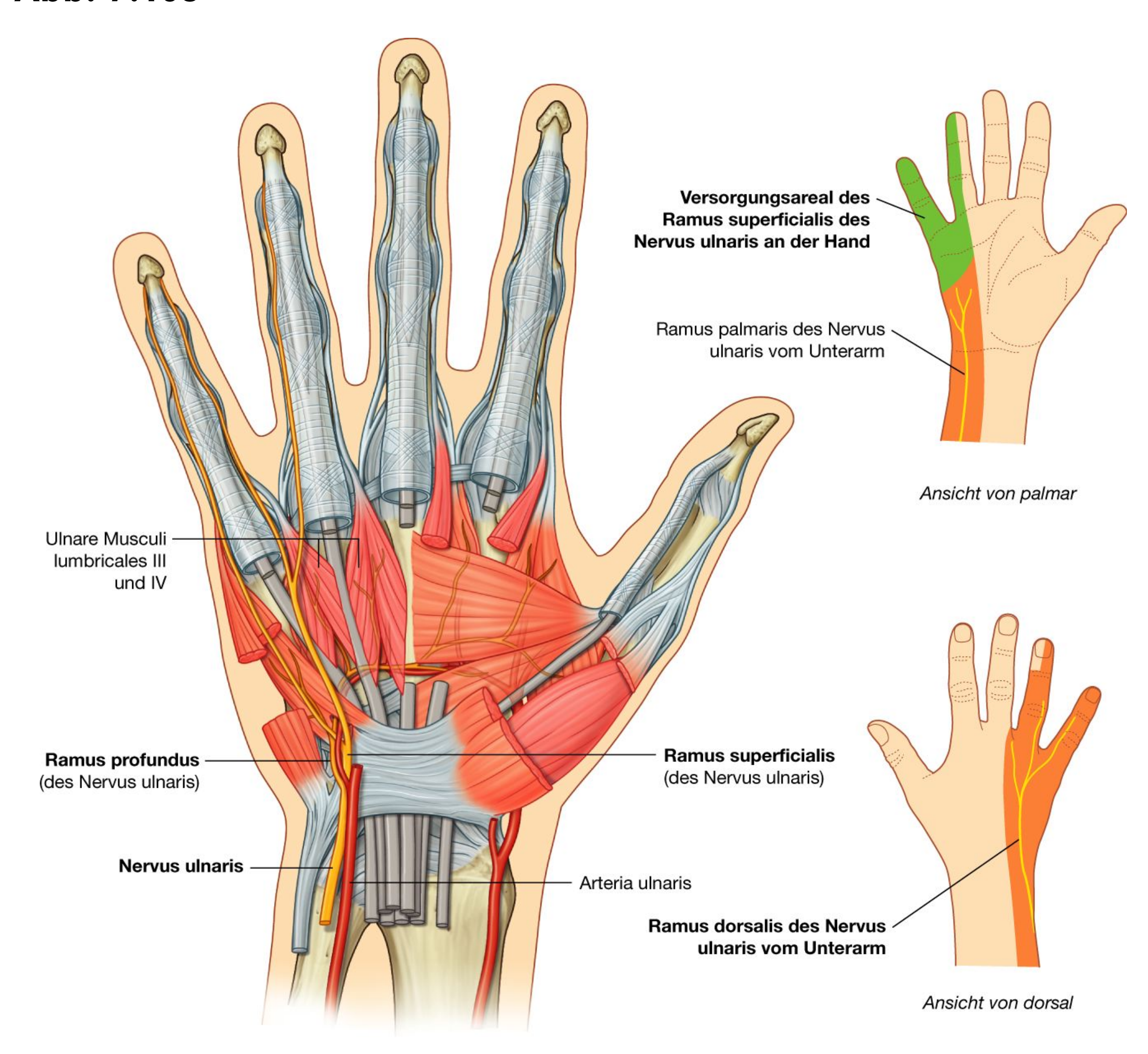
Der Nervus medianus gelangt durch den Karpaltunnel in die Hand und teilt sich dann in den Ramus thenaris (muscularis) und die Nervi digitales palmares communes und proprii (Abb. 7.109).

Der **Ramus thenaris** des Nervus medianus innerviert die drei Thenarmuskeln mit Ausnahme des Caput profundum des Musculus flexor pollicis brevis. Meist entspringt er von der radialen Seite des Nervus medianus nahe dem distalen Rand des Retinaculum musculorum flexorum. Er verläuft um den Rand des Retinaculums und proximal vom Musculus flexor pollicis brevis.

754
755

Der Ramus thenaris tritt dann zwischen dem Musculus flexor pollicis brevis und dem Musculus abductor pollicis brevis hindurch, um im Musculus opponens pollicis zu enden.

Abb. 7.108



Nervus ulnaris an der Hand.

Die **Nervi digitales palmares** ziehen unterhalb der Palmaraponeurose und des Arcus palmaris superficialis zu den Fingern. Sie innervieren die palmare Haut der radialen dreieinhalb Finger und die Haut über den streckseitigen Endgliedern der gleichen Finger. Außer der Haut innervieren die Nervi digitales die radialen beiden Musculi lumbricales I und II.

Ramus superficialis des Nervus radialis

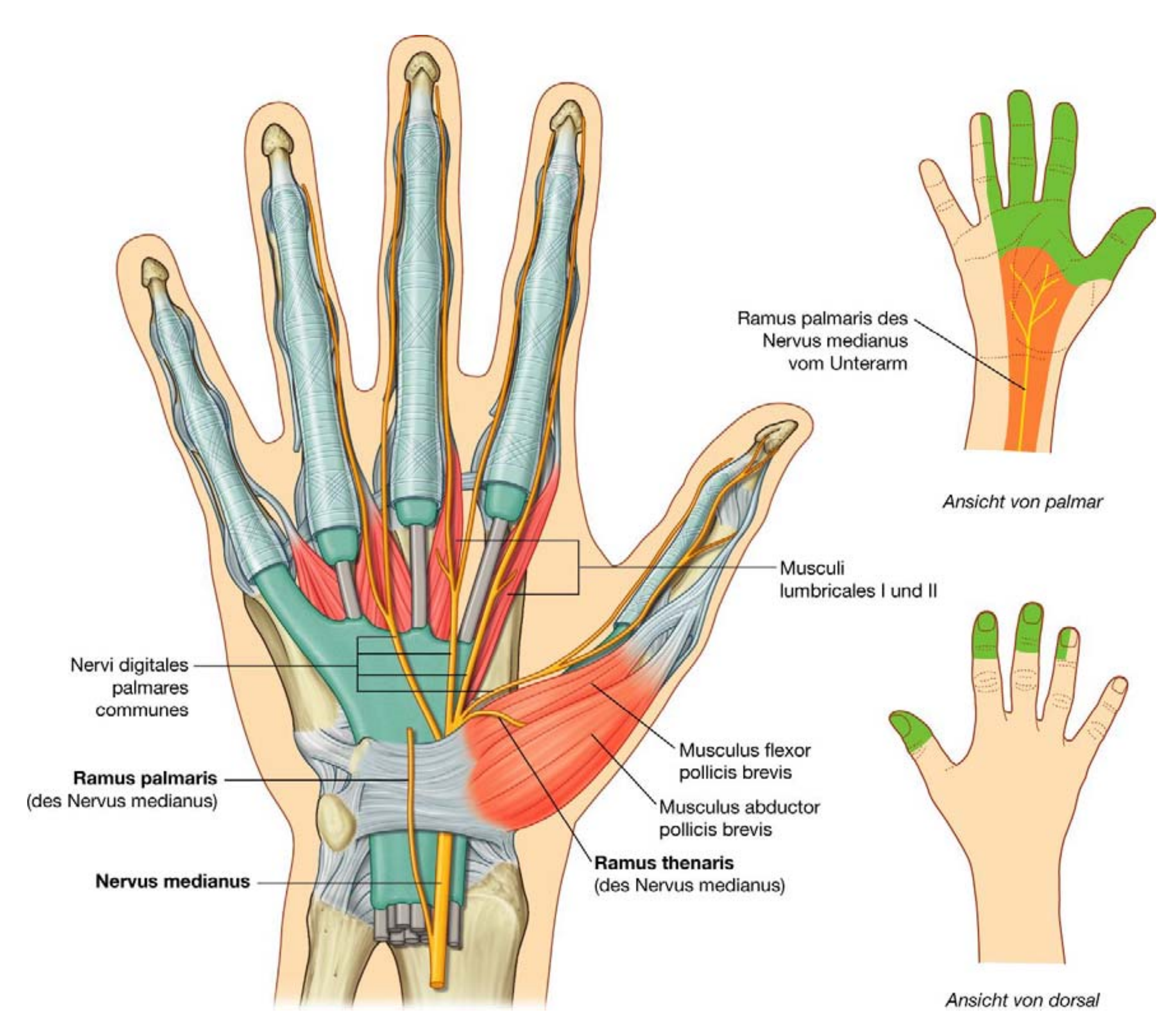
Der einzige Ast des Nervus radialis, der auf die Hand gelangt, ist der Ramus superficialis (Abb. 7.110). Er verläuft oberhalb der Tabatière am dorsoradialen Handgelenk. Die Endäste des Nervs können im Bereich der Tabatière gegen die Sehne des Musculus extensor pollicis longus getastet werden.

Der Ramus superficialis nervi radialis innerviert die Haut über der dorsoradialen Hohlhand und streckseitig über den distalen Phalangen der lateralen dreieinhalb Finger bis zu den Fingerendgelenken.

755

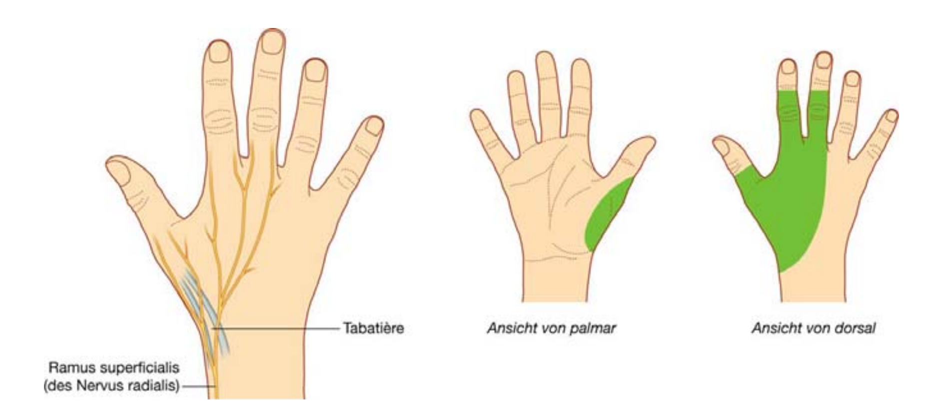
756

Abb. 7.109



Nervus medianus an der Hand.

Abb. 7.110



Nervus radialis in der Hand.

Klinik

Schädigung des Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris kann an drei Stellen verletzt werden: am Ellenbogen, am Handgelenk und an der Hohlhand:

- Am Ellenbogen liegt der Nerv dorsal des Epicondylus medialis (proximaler Lähmungstyp).
- Am Handgelenk verläuft der Nervus ulnaris oberhalb des Retinaculum musculorum flexorum und lateral des Os pisiforme durch die Loge de Guyon (mittlerer Lähmungstyp).
- Im Bereich der Hohlhand (distaler Lähmungstyp).

Läsionen des Nervus ulnaris werden je nach Schädigungslokalisation von der sog. Krallenhand begleitet. Dabei bleiben die Fingergrundgelenke überstreckt und die Interphalangealgelenke gebeugt, da die Funktion der meisten intrinsischen Muskeln der Hand verloren geht.

Die Klauenstellung besteht am stärksten in den ulnaren Fingern, da hier alle intrinsischen Muskeln betroffen sind. Im Gegensatz dazu werden die Musculi lumbricales der beiden radialen Finger I und II durch den Nervus medianus innerviert. Der Musculus adductor pollicis fällt ebenfalls aus.

Bei Läsionen des Nervus ulnaris am Ellenbogengelenk (Epicondylus medialis humeri) beispielsweise durch Druckschädigung oder Verschiebung des Nervs im Sulcus nervi ulnaris bei Extension im Ellenbogengelenk sind die Musculi flexor carpi ulnaris und flexor digitorum profundus der ulnaren zwei Finger ebenfalls betroffen. Die Krallenhand ist bei Läsionen des Nervs am Handgelenk stärker ausgeprägt, da eine Verletzung am Ellenbogen die ulnare Hälfte des Musculus flexor digitorum profundus paralysiert und so eine Flexion der Fingerendgelenke verhindert.

Bei Druckschädigungen des Nervus ulnaris im Bereich der Loge (sog. mittlerer Lähmungstyp des Nervus ulnaris) sind beide Äste (Rami superficialis und profundus) betroffen. Daher ist die Greiffunktion eingeschränkt (Ausfall der Hypothenarmuskulatur). Ferner ist die Flexion in den Fingergrundgelenken nicht mehr möglich, und die Finger können nicht mehr gespreizt werden (Ausfall der Musculi interossei). Der Ausfall des Musculus adductor pollicis führt zum Bild des Froment-Zeichens: Da der Daumen-Zeigefinger-Griff erschwert ist, wird die Pars superficialis des Musculus flexor pollicis brevis eingesetzt.

Beim distalen Lähmungstyp ist der Ramus profundus im Hohlhandbereich beispielsweise durch Druck von Werkzeugen betroffen. Sensibilitätsstörungen fehlen bei diesem Lähmungstyp.

Läsionen des Nervus ulnaris am Ellenbogen und Handgelenk resultieren in Sensibilitätsstörungen auf der Palmarseite der medialen eineinhalb Finger.

Verletzungen des Nervus ulnaris am Handgelenk oder proximal davon können durch die Beurteilung der Funktion des **Ramus dorsalis** nervi ulnaris unterschieden werden, der am distalen Unterarm entspringt. Dieser Ast innerviert die Haut über dem medialen Handrücken.

Klinik

Schädigung des Nervus radialis

Am Ellenbogengelenk teilt sich der Nervus radialis in seine beiden Endäste – den Ramus profundus und den Ramus superficialis.

Der häufigste Schädigungsort des Nervus radialis ist der Sulcus nervi radialis am Humerusschaft (mittlerer Lähmungstyp) beispielsweise durch Humerusschaftfrakturen oder Druck (sog. Parkbanklähmung – Paralysie des amoureux, im Schlaf oder bei fehlerhafter Narkoselagerung). Bei Verletzung des Nervs an dieser Stelle entsteht eine generelle Lähmung aller Extensoren der dorsalen Muskelloge mit dem Bild der „Fallhand". Die typische Verletzung bewirkt eine Sensibilitätsminderung bis Ausfall der Haut auf dem radialen Handrücken. Durchtrennung oder Zerstörung des Nervus interosseus dorsalis kann die Muskulatur der dorsalen Muskelloge paralysieren, allerdings ist die Nervenversorgung variabel. Typischerweise können die Patienten die Finger nicht mehr strecken.

Die distalen Äste des Ramus superficialis des Nervus radialis können als Stränge über der Sehne des Musculus extensor pollicis longus in der Tabatière getastet werden. Eine Verletzung dieser Äste hat nur geringe Konsequenzen, da sie nur ein relativ kleines Hautareal versorgen.

Vom sog. oberen Lähmungstyp (proximaler Lähmungstyp) spricht man bei Schädigungen des Nervus radialis vor Abgabe des Astes zum Musculus triceps mit Ausfall aller Extensoren und Fallhand.

757

758

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie der oberen Extremität

Sehnen, Muskeln und knöcherne Vorsprünge der oberen Extremität (Abb. 7.111) können genutzt werden, um die Hauptarterien, venen und -nerven zu lokalisieren. Für eine neurologische Untersuchung ist es notwendig, den Patienten zu bitten, mit seinen Armen bestimmte Bewegungen auszuführen:

- Sehnen werden genutzt, um Reflexe zu überprüfen, die mit spezifischen Spinalsegmenten assoziiert sind.

- Gefäße werden als Punktionsste llen (zur Blutentnahme oder für die Injektion von Medikamenten oder Nährlösungen) sowie zur Messung von Blutdruck und Puls verwendet.
- Nerven können an Stellen, an denen sie am Knochen verlaufen oder durch Engen treten (beispielsweise osteofibröse Kanäle), eingeengt oder geschädigt werden.

Knöcherne Landmarken und Muskeln der Regio scapularis posterior

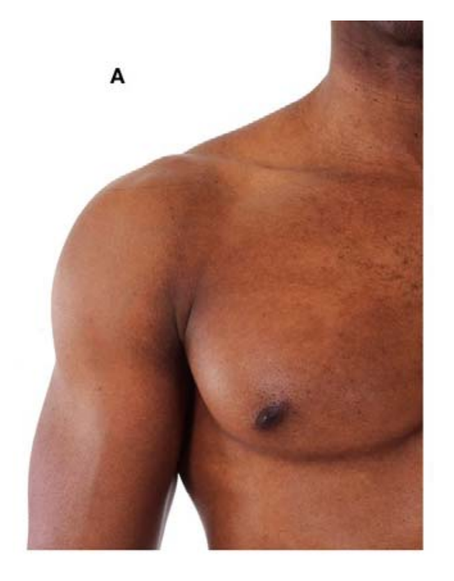
Der Margo medialis, der Angulus inferior und Teile des Margo lateralis der Scapula können am Patienten genauso wie die Spina scapulae und das Acromion getastet werden. Der Margo superior und der Angulus superior der Scapula liegen unterhalb der Weichteile und sind nicht so leicht palpierbar. Der Musculus supraspinatus und der Musculus infraspinatus können oberhalb bzw. unterhalb der Spina scapulae getastet werden (Abb. 7.112).

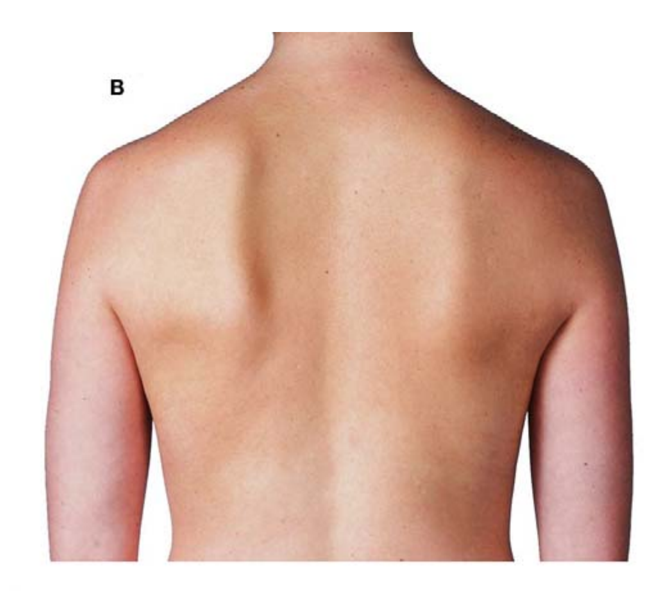
Der Musculus trapezius bildet die glatte Kontur des laterodorsalen Halses und den oberen Bereich der Schulter.

Der Musculus deltoideus bildet die muskuläre Vorwölbung unterhalb des Acromions und im Bereich des Schultergelenks. Der Nervus axillaris verläuft unterhalb des Musculus deltoideus um das Collum chirurgicum des Humerus.

Der Musculus latissimus dorsi bildet den Großteil der Muskelmasse unter der hinteren Axillarlinie, die schräg nach kranial vom Thorax auf den Oberarm zieht. Der Musculus teres major verläuft vom Angulus inferior der Scapula zum oberen Anteil des Humerus und trägt am lateralen Rand zur Bildung der hinteren Axillarfalte bei.

Abb. 7.111





758

759



Normale obere Extremität. **A**. Schulter von ventral und Axilla. **B**. Regio scapularis posterior. Normale Erscheinung der oberen Extremität.

Normale obere Extremität. **C**. Fossa cubitalis anterior, **D**. und **E**. Distaler Unterarm und Palma manus. **F**. Distaler Unterarm und Dorsum manus. **G**. Ansicht von lateral auf den distalen Unterarm und die Hand.

Betrachtung der Axilla sowie Lokalisation des Inhalts und der angrenzenden Strukturen

Der axilläre Zugang und Ausgang der Axilla sowie die Wände der Axilla können anhand von Hautfalten und knöchernen Vorsprünge erkannt werden (Abb. 7.113):

- Die ventrale Begrenzung des axillären Zugangs ist die Clavicula, die auf ihrer gesamten Länge tastbar ist. Das laterale Ende des axillären Zugangs liegt auf Höhe des Processus coracoideus, der direkt unterhalb des lateralen Claviculadrittels und unterhalb der medialen Begrenzung des Musculus deltoideus getastet werden kann.
- Die untere Begrenzung der ventralen Axillawand ist die vordere Axillarfalte, die über dem Unterrand des Musculus pectoralis major liegt.
- Die untere Grenze der dorsalen Axillarwand ist die hintere Axillarfalte, die lateral über dem Musculus teres major und medial über dem Musculus latissimus dorsi liegt.
- Die mediale Axillawand ist der obere Teil des Musculus serratus anterior auf der Thoraxwand. Der Nervus thoracicus longus verläuft vertical aus der Axilla und entlang der lateralen Oberfläche des Musculus serratus anterior direkt ventral der hinteren Axillarfalte.
- Die laterale Begrenzung der Axilla ist der Humerus.
- Der Boden der Axilla ist die Haut zwischen der vorderen und hinteren Axillarfalte.

Hauptgefäße, -nerven und -lymphgefäße verlaufen zwischen der oberen Extremität und dem Thorax, indem sie durch die Axilla treten.

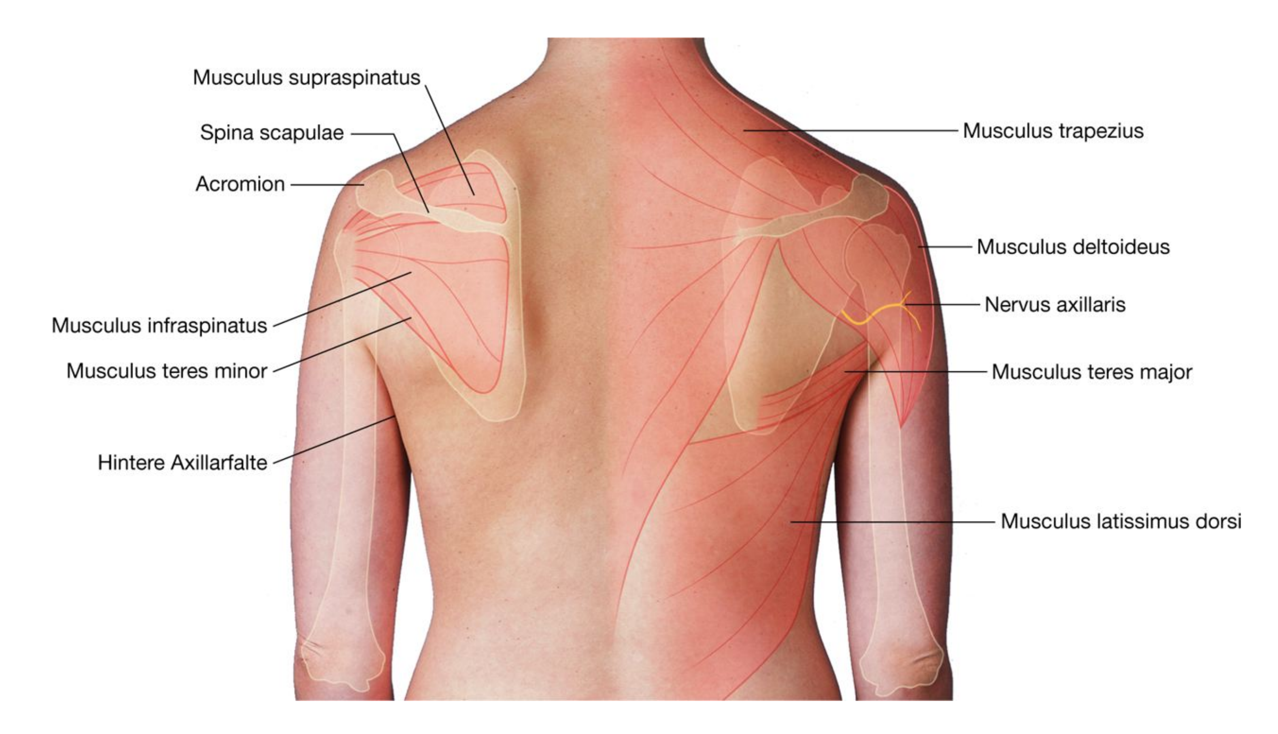
Die Arteria axillaris, die Vena axillaris und Teile des Plexus brachialis verlaufen durch die Axilla und in den Arm lateral des Hautmantels zwischen vorderer und hinterer Axillarfalte. Das Gefäß-Nerven-Bündel kann getastet werden, indem man eine Hand in die Hautsenke legt und damit nach lateral gegen den Humerus drückt.

Die Vena cephalica verläuft subkutan in der Rinne zwischen Musculus deltoideus und Musculus pectoralis major und tritt dann im Trigonum clavi(deltoideo)pectorale durch die Fascia clavipectoralis, um in die Vena axillaris zu münden.

759

760

Abb. 7.112



Knöcherne Landmarken und Muskeln der Regio scapularis posterior. Ansicht von dorsal auf Schulter und Rücken.

Lokalisation der Arteria brachialis am Oberarm

Die Arteria brachialis liegt auf der medialen Seite des Oberarms in der Spalte zwischen Musculus biceps brachii und Musculus triceps brachii (Abb. 7.114). Der Nervus medianus verläuft zusammen mit der Arteria brachialis; der Nervus ulnaris weicht im Gegensatz dazu nach dorsal vom Gefäß ab.

Sehne des Musculus triceps brachii und Position des Nervus radialis

Der Musculus triceps brachii bildet das Weichteilpolster am dorsalen Humerus. Die Sehne setzt am Olecranon an, das gut tastbar ist und die knöcherne Vorwölbung an der Spitze des Ellenbogens bildet (Abb. 7.115).

Der Musculus brachioradialis ist ebenfalls als muskulärer Vorsprung lateral am Arm sichtbar. Er ist vor allem gut zu erkennen, wenn der Unterarm halb proniert, im Ellenbogengelenk gegen Widerstand gebeugt und von ventral angesehen wird.

Der Nervus radialis erscheint am distalen Oberarm hinter dem Humerus und liegt unterhalb des Musculus brachioradialis.

Fossa cubitalis (Ansicht von ventral)

Die Ellenbeuge liegt ventral des Ellenbogengelenks und enthält die Sehne des Musculus biceps brachii, die Arteria brachialis und den Nervus medianus (Abb. 7.116).

Die Basis der Fossa cubitalis bildet eine imaginäre Linie zwischen dem deutlich tastbaren Epicondylus lateralis und dem Epicondylus medialis des Humerus. Die laterale und die mediale Begrenzung werden vom Musculus brachioradialis bzw. vom Musculus pronator teres gebildet. Der Rand des Musculus brachialis wird aufgesucht, indem der Patient den halbpronierten Unterarm gegen Widerstand beugt. Der Rand des Musculus pronator teres wird aufgesucht, indem man sich eine schräge Linie zwischen dem Epicondylus medialis und der Mitte der lateralen Oberfläche des Unterarms vorstellt. Die Spitze der Fossa cubitalis liegt an der Stelle, an der diese Linie den Rand des Musculus brachioradialis trifft.

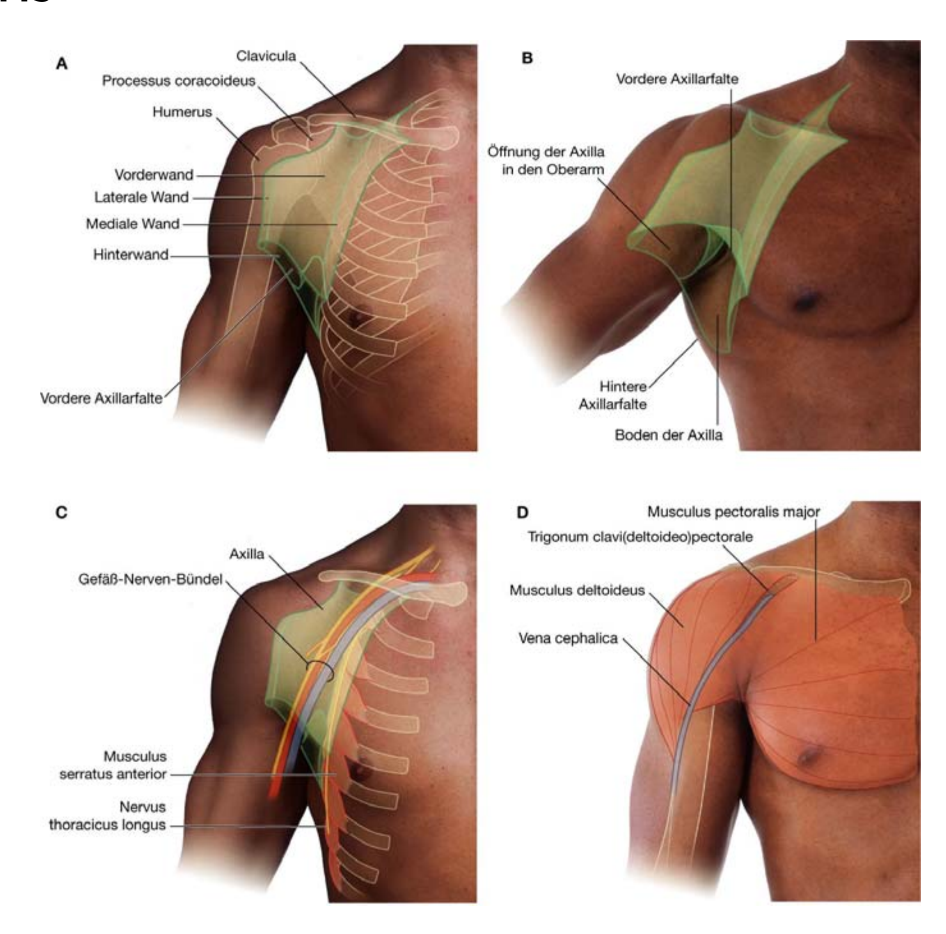
Der Inhalt der Ellenbeuge wird von lateral nach medial von der Sehne des Musculus biceps brachii, der Arteria brachialis und dem Nervus medianus gebildet. Die Sehne des Musculus biceps brachii ist gut tastbar. Die Venae cephalica, basilica und mediana cubiti sind häufig in der Subcutis der Ellenbeuge sichtbar (besonders bei Ausdauersportlern).

Der Nervus ulnaris läuft um den Epicondylus medialis des Humerus herum und kann gegen den Knochen palpiert werden.

760

761

Abb. 7.113

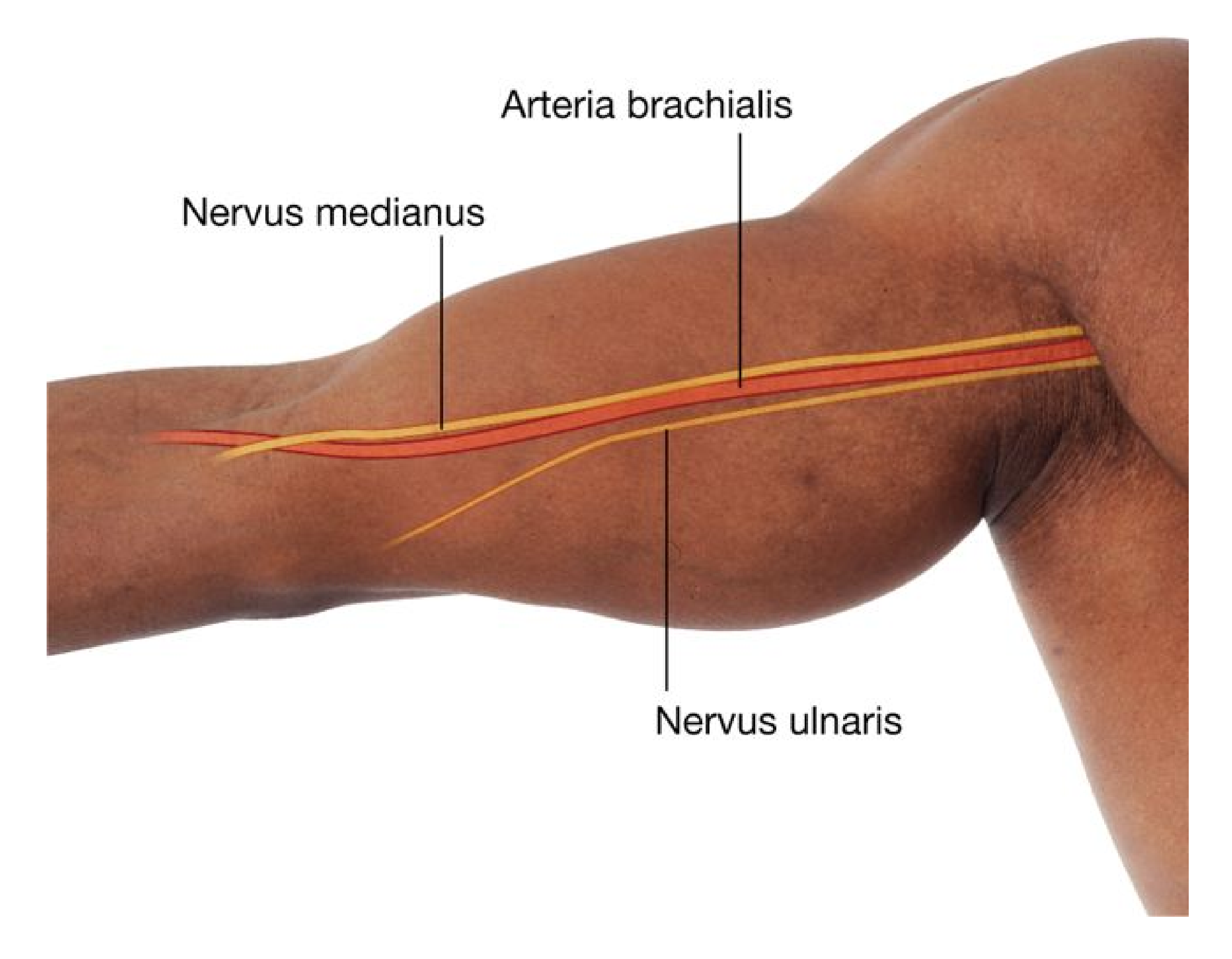


Betrachtung der Axilla und Lokalisation des Inhalts und der angrenzenden Strukturen. **A**. Schulter von ventral mit den Falten und Wänden der Axilla. **B**. Schulter von ventral mit axillärem Ausgang und Boden der Axilla. **C**. Schulter von ventral mit dem axillären Gefäß-Nerven-Bündel und dem Nervus thoracicus longus. **D**. Schulter von ventral mit dem Trigonum clavipectorale und der Vena cephalica.

761

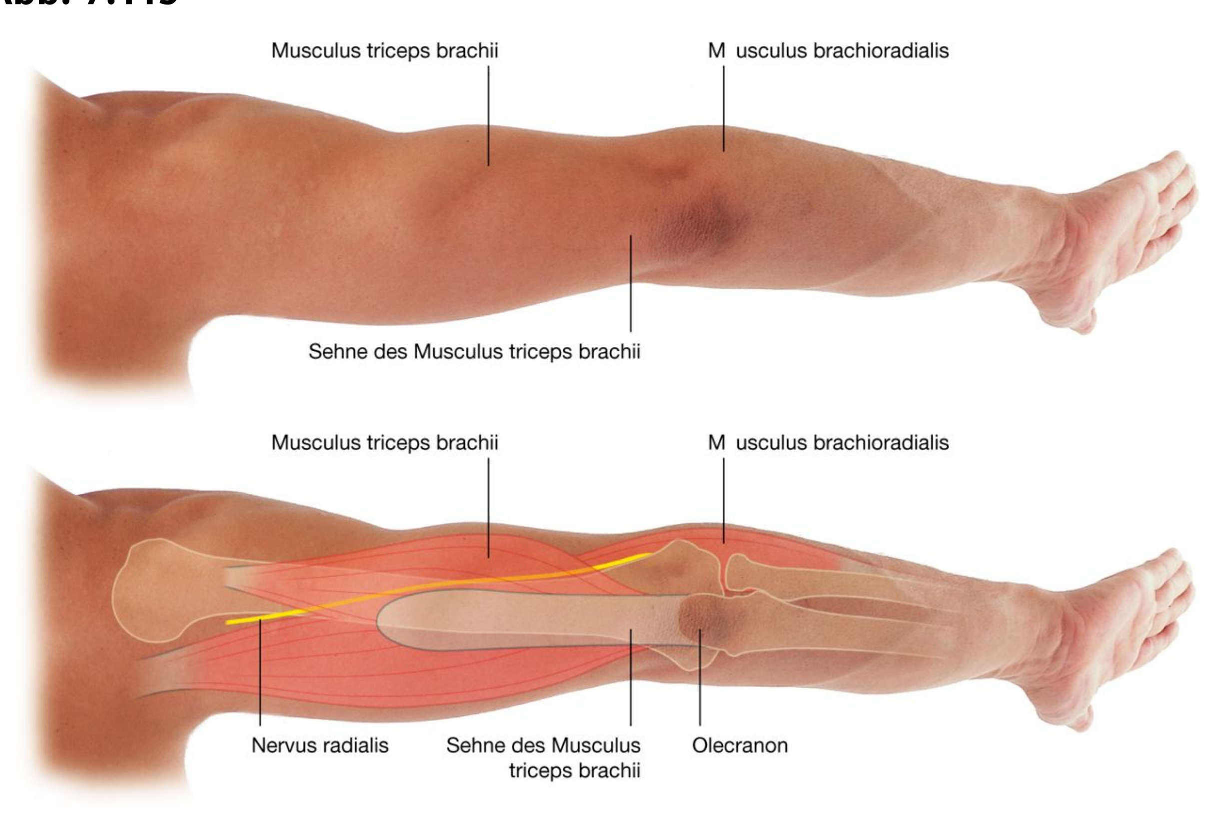
Der Nervus radialis verläuft im Unterarm unterhalb des Randes des Musculus brachioradialis ventral des Ellenbogengelenks.

Abb. 7.114



Lokalisation der Arteria brachialis am Oberarm (Ansicht von medial mit der Arteria brachialis, dem Nervus medianus und dem Nervus ulnaris).

Abb. 7.115



Sehne des Musculus triceps brachii und Position des Nervus radialis (Ansicht des Arms von dorsal).

Aufsuchen der Sehnen sowie der wichtigsten Gefäße und Nerven am distalen Unterarm

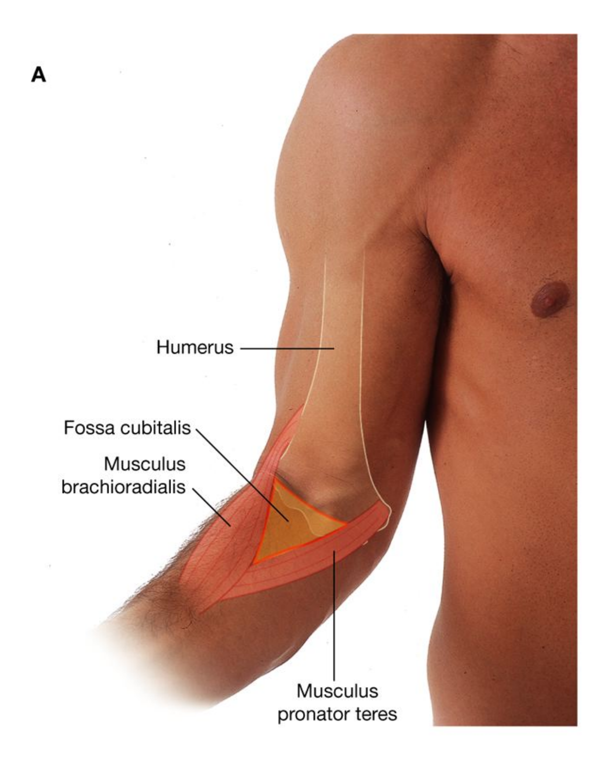
Die Sehnen, die vom Unterarm auf die Hand verlaufen, sind am distalen Unterarm gut zu erkennen und dienen als Landmarken zum Aufsuchen der Hauptgefäße und -nerven.

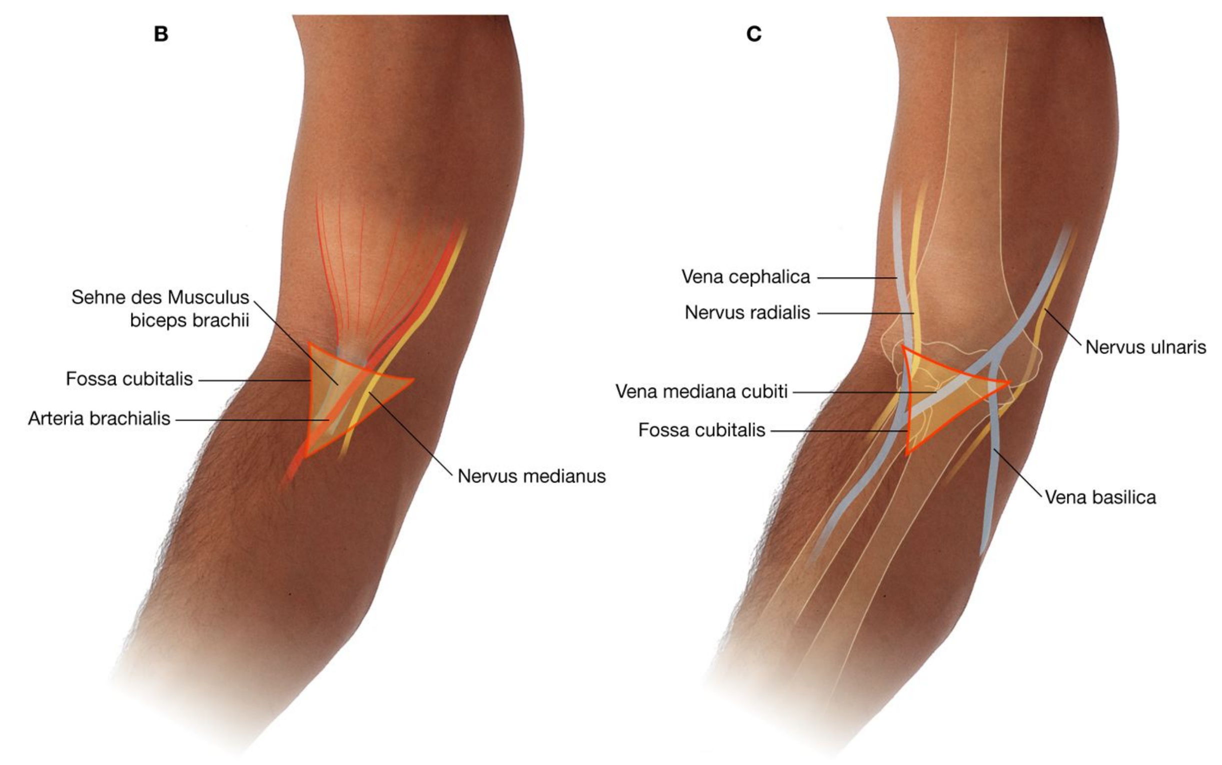
Am ventralen distalen Unterarm werden die Sehnen der Musculi flexor carpi radialis, flexor carpi ulnaris und palmaris longus entweder durch Palpation oder Aufforderung des Patienten, das Handgelenk gegen Widerstand zu beugen, aufgesucht.

- Die Sehne des Musculus flexor carpi radialis liegt etwa auf Höhe des lateralen Drittels des distalen Unterarms. Die Arteria radialis liegt direkt radial der Sehne. Hier kann sie gut palpiert werden, um den Puls zu überprüfen (Abb. 7.117A).
- Die Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris kann am medialen Rand des Unterarms getastet werden. Von hier aus verläuft sie zu ihrem Ansatz am Os pisiforme, das ebenfalls gut tastbar ist, wenn man die Sehne bis zur Basis des Hypothenars verfolgt. Die Arteria ulnaris und der Nervus ulnaris verlaufen unter dem lateralen Rand der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris radial vom Os pisiforme.

762

Abb. 7.116





Fossa cubitalis (Ansicht von ventral). **A**. Begrenzungen. **B**. Begrenzungen und Inhalt. **C**. Nervus radialis, Nervus ulnaris und Venen.

- Die Sehne des Musculus palmaris longus kann fehlen. Sofern sie vorhanden ist, liegt sie ulnar der Sehne des Musculus flexor carpi radialis und tritt besonders bei Flexion des

Handgelenks gegen Widerstand hervor. Der Nervus medianus verläuft ebenfalls ulnar der Sehne des Musculus flexor carpi radialis und liegt unterhalb der Sehne des Musculus palmaris longus.

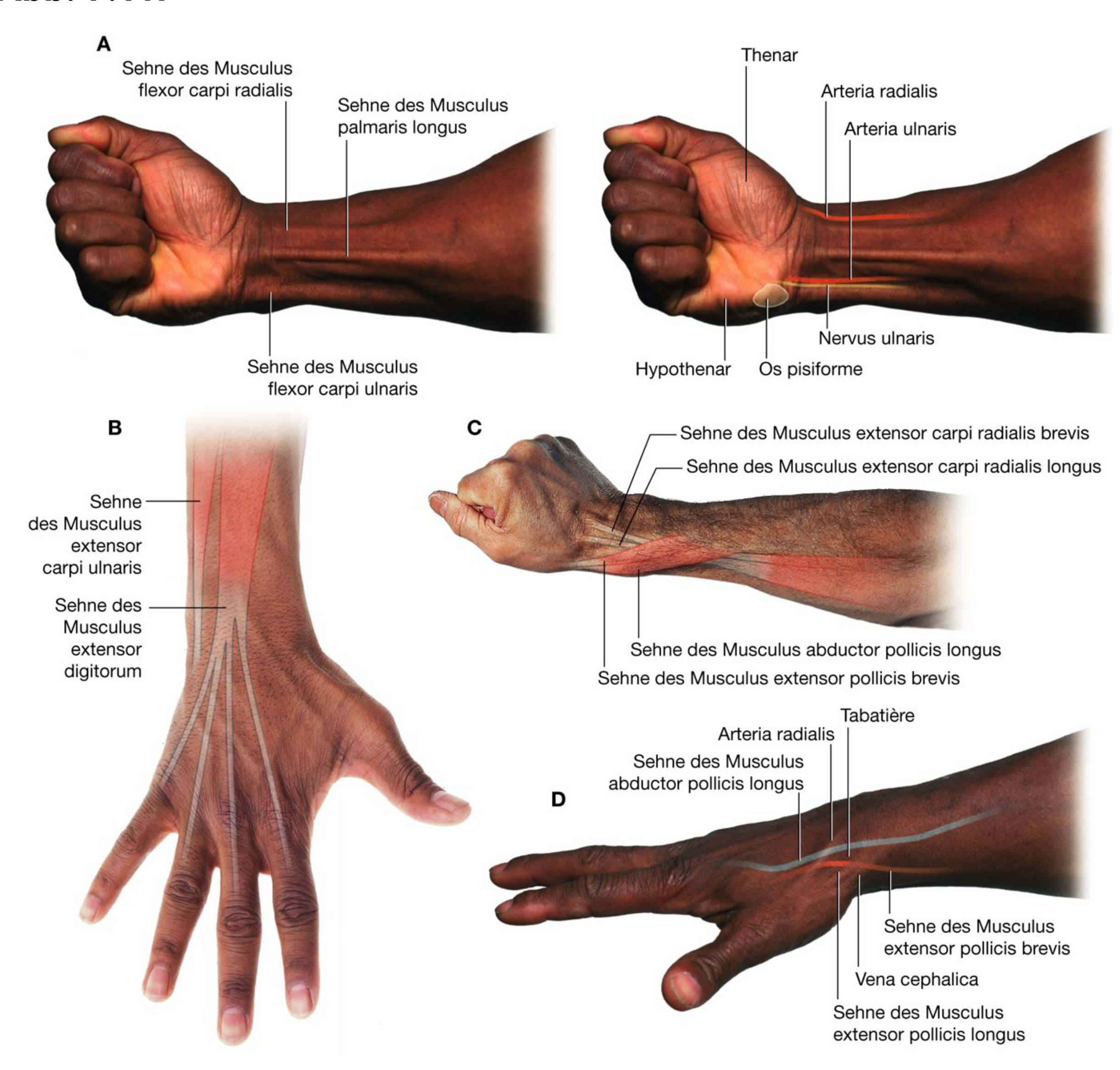
- Die langen Fingerbeugesehnen liegen unterhalb des Nervus medianus und zwischen den Sehnen der Flexoren des Handgelenks. Ihre Position kann beurteilt werden, indem man schnell und wiederholt die Finger von medial nach lateral streckt und beugt.
- Am dorsalen distalen Unterarm und Handgelenk liegen die Sehnen des Musculus extensor digitorum (Abb. 7.117B) etwa auf Höhe der Mittellinie und strahlen dann zu den Fingern aus.
- Die distalen Enden der Sehnen der Musculi extensor carpi radialis longus und brevis liegen auf der radialen Seite des Handgelenks (Abb. 7.117C). Sie können betont werden, indem man eine Faust macht und das Handgelenk gegen Widerstand streckt.
- Die Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris kann auf der medialen Seite des Handgelenks zwischen dem distalen Ulnaende und dem Handgelenk getastet werden.

763

764

- Hyperextension und Abduktion des Daumens lassen die Tabatière als deutliche Vertiefung in Erscheinung treten (Abb. 7.117D). Der ulnare Rand dieser dreieckigen Grube wird durch die Sehne des Musculus extensor pollicis longus gebildet, die um das Tuberculum dorsale (Tuberculum Listeri, Lister-Höcker) des Radius und anschließend zum Daumen läuft. Der laterale Rand wird durch die Sehnen der Musculi extensor pollicis brevis und abductor pollicis longus gebildet. Die Arteria radialis verläuft durch die Tabatière, wenn sie um das Handgelenk auf die Rückseite der Hand tritt und durch die Basis des ersten Musculus interosseus dorsalis zieht. Der Puls der Arteria radialis kann bei entspannter Muskulatur am Boden der Tabatière getastet werden. Die Vena cephalica überkreuzt das Dach der Tabatière, und man kann Hautäste des Nervus radialis palpieren, wenn man mit einem Finger über die Sehne des Musculus extensor pollicis brevis streicht.

Abb. 7.117



Aufsuchen der Sehnen sowie der wichtigen Gefäße und Nerven am distalen Unterarm. **A**. Ventraler Unterarm und Handgelenk. **B**. Dorsaler Unterarm und Handgelenk. **C**. Ansicht von lateral auf das dorsale Handgelenk und den Unterarm. **D**. Tabatière.

Normale Erscheinung der Hand

In der Ruheposition nehmen Hohlhand und Finger eine charakteristische Stellung ein. Die Finger bilden einen Bogen, bei dem der Kleinfinger am stärksten und der Zeigefinger am geringsten gebeugt sind (Abb. 7.118A). Die Daumenkuppe steht im 90°-Winkel zu den Fingerkuppen.

764

765

Das Thenar (Daumenballen) liegt an der Daumenbasis und wird von der darunterliegenden Thenarmuskulatur gebildet. Das Hypothenar (Kleinfingerballen) erscheint an der medialen Grenze der Hohlhand an der Basis des Kleinfingers. Die Vorwölbungen von Thenar und Hypothenar und die Position der Finger ändern sich bei Schädigung von Nervus ulnaris oder Nervus medianus (Atrophie der Muskulatur führt zur Reduktion der Vorwölbung von Thenar und/oder Hypothenar).

Die oberflächlichen Venen der oberen Extremität beginnen an der Hand am Rete venosum dorsale manus (Abb. 7.118B), das oberhalb der Mittelhandknochen liegt. Die Vena basilica entspringt ulnar; die Vena cephalica geht radial aus dem Rete venosum dorsale manus hervor.

Lage des Retinaculum musculorum flexorum und des Ramus thenaris nervi mediani

Die proximale Begrenzung des Retinaculum musculorum flexorum kann durch zwei knöcherne Landmarken bestimmt werden:

- Das Os pisiforme ist am distalen Ende der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris deutlich tastbar.
- Das Tuberculum ossis scaphoidei kann am distalen Ende der Sehne des Musculus flexor carpi radialis am Handgelenk getastet werden (Abb. 7.119).

Eine imaginäre Linie zwischen den beiden Punkten markiert die proximale Grenze des Retinaculum musculorum flexorum. Die distale Grenze des Retinaculum musculorum flexorum liegt etwa unterhalb der Stelle, an der die ventrale Grenze des Thenars auf das Hypothenar trifft.

Der Ramus thenaris des Nervus medianus liegt unterhalb von Haut und Faszie über der ventralen Grenze des Thenars nahe der Mittellinie des Handgelenks.

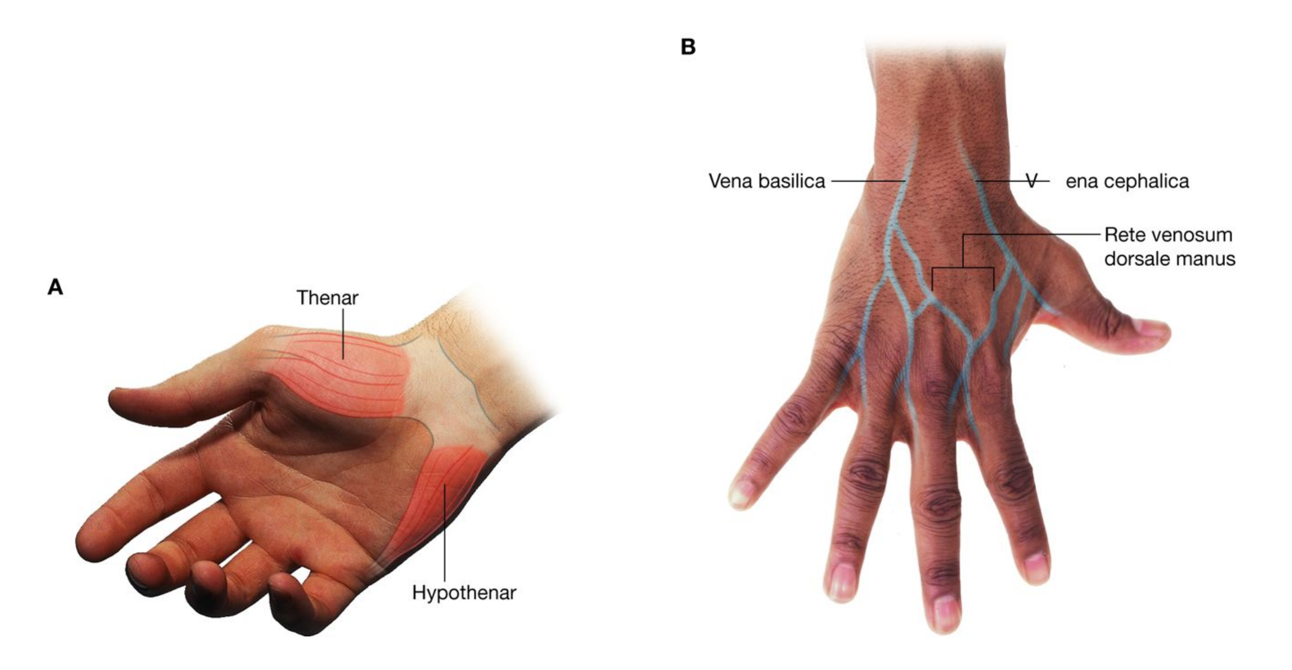
Motorische Funktion des Nervus medianus und Nervus ulnaris an der Hand

Die Fähigkeit, die Finger in den Grundgelenken zu beugen und gleichzeitig in den Mittel- und Endgelenken zu strecken, ist ausschließlich auf die Funktion der intrinsischen Muskeln der Hand zurückzuführen (Abb. 7.120A). Die intrinsischen Muskeln werden vorwiegend vom Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert, der Fasern des Spinalnerven (C8) und Th1 führt.

Die Adduktion der Finger, die es ermöglicht, einen zwischen ihnen platzierten Gegenstand zu umfassen, wird durch die Musculi interossei palmares bewirkt, die alle durch den Ramus profundus des Nervus ulnaris innerviert werden (Abb. 7.120B).

Die Fähigkeit, einen Gegenstand zwischen Daumenkuppe und Langfingerkuppe zu fassen, hängt von der normalen Funktion der Thenarmuskulatur ab, die mit Ausnahme des Caput profundum des Musculus flexor pollicis brevis durch den Ramus thenaris des Nervus medianus, der Fasern des Spinalnervs C8 und (Th1) führt, innerviert wird (Abb. 7.120C).

Abb. 7.118

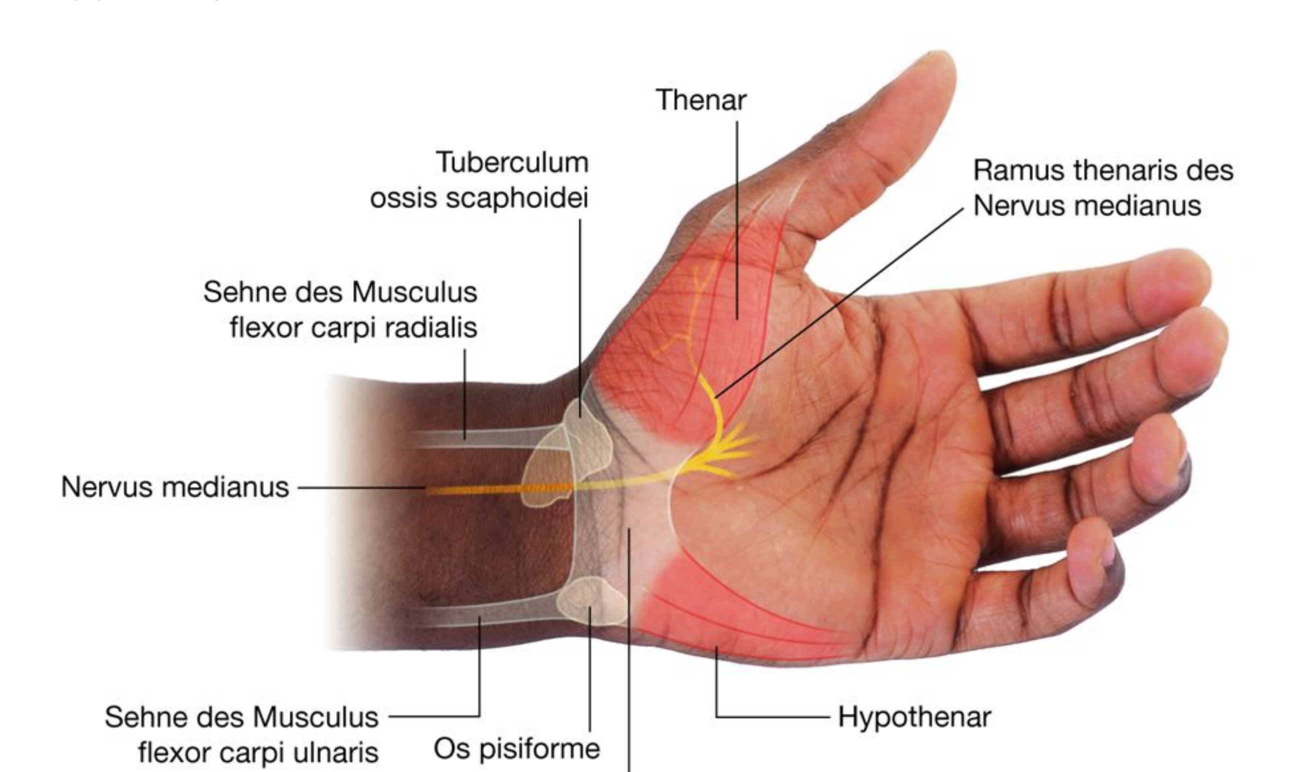


Normale Erscheinung der Hand. **A**. Ansicht von palmar mit Thenar, Hypothenar und Fingerbogen. **B**. Ansicht von dorsal mit Rete venosum dorsale manus.

765

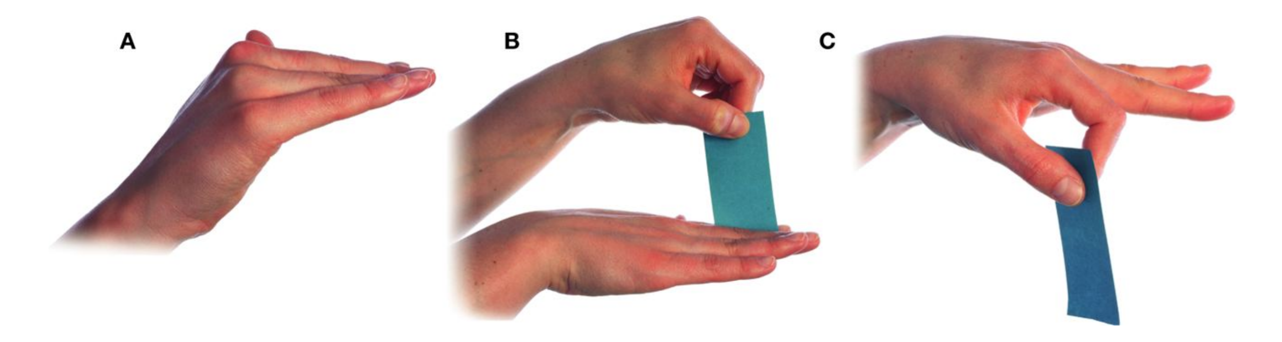
766

Abb. 7.119



Hand von ventral mit der Position des Retinaculum musculorum flexorum und des Ramus thenaris des Nervus medianus.

Abb. 7.120



Motorische Funktion des Nervus medianus und des Nervus ulnaris an der Hand. **A**. Flexion der Metakarpophalangealgelenke und Extension der Interphalangealgelenke. **B**. Greifen eines Gegenstands zwischen den Fingern. **C**. Greifen eines Gegenstands zwischen der Daumen- und Zeigefingerkuppe.

Aufsuchen des Arcus palmaris superficialis und des Arcus palmaris profundus

Die Lage des Arcus palmaris superficialis und des Arcus palmaris profundus an der Hand kann durch knöcherne Landmarken, Muskelbäuche und Hautlinien ermittelt werden (Abb. 7.121).

- Der Arcus palmaris superficialis beginnt als Fortsetzung der Arteria ulnaris, die am Handgelenk lateral des Os pisiforme verläuft. Der Arcus läuft weiter nach radial über die Hohlhand, und zwar palmar der langen Beugesehnen der Hand. Der Arcus palmaris superficialis reicht bis zur proximalen transversalen Hautfalte der Hohlhand (Linea cephalica) und endet radial als Anastomose mit dem Ramus palmaris, der von der Arteria radialis am distalen Unterarm über das Thenar läuft.
- Der Arcus palmaris profundus entspringt an der lateralen Seite der Hohlhand unterhalb der langen Beugesehnen zwischen den Basen der Ossa metacarpi I und II. Er läuft nach ulnar über die Hohlhand und endet als Anastomose mit dem Ramus palmaris profundus der Arteria ulnaris, der durch die Basis der Hypothenarmuskulatur und zwischen dem Os pisiforme und dem Hamulus ossis hamati verläuft. Der Arcus palmaris profundus liegt in der Hohlhand weiter proximal als der Arcus palmaris superficialis. Außerdem verläuft er etwa in der Mitte zwischen der distalen Handgelenkslinie (Rascetta) und der Linea cephalica der Hohlhand.

766
767

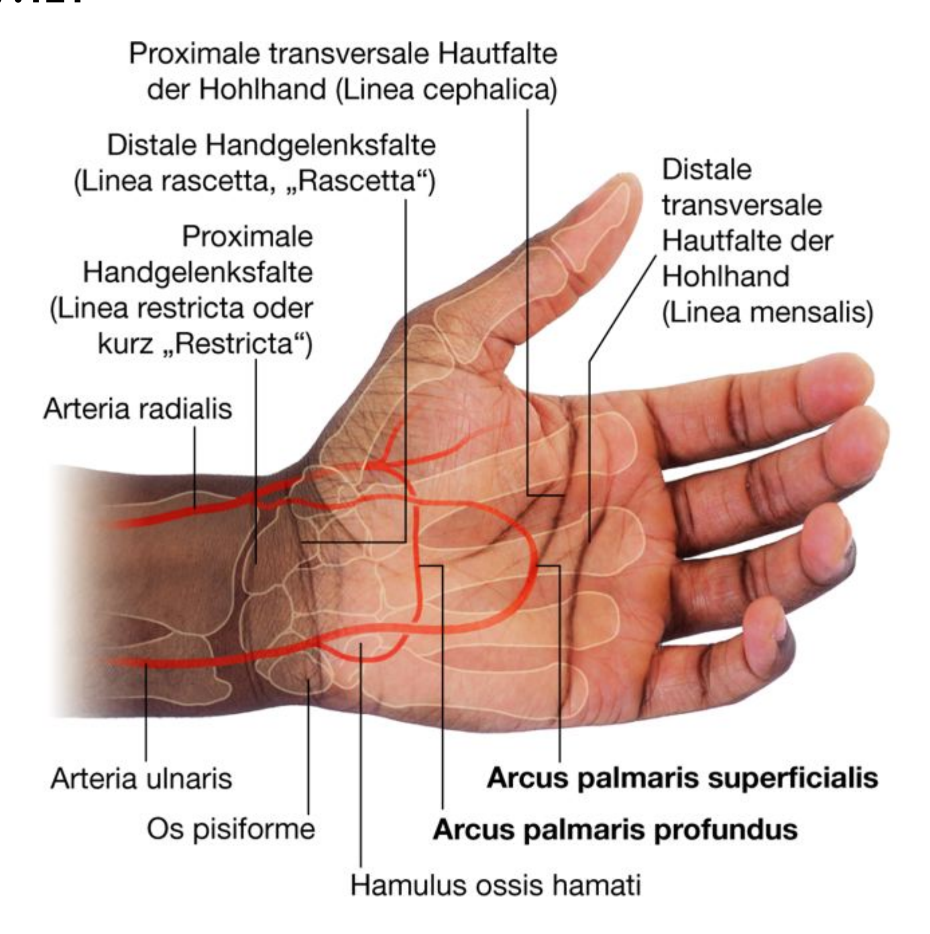
Pulse

Der periphere Puls kann an der oberen Extremität an sechs verschiedenen Punkten getastet werden:

- axillärer Puls: Die Arteria axillaris kann in der Achselhöhle lateral der Spitze der Hautkuppel, die den Boden der Axilla bildet, getastet werden (Abb. 7.122A).

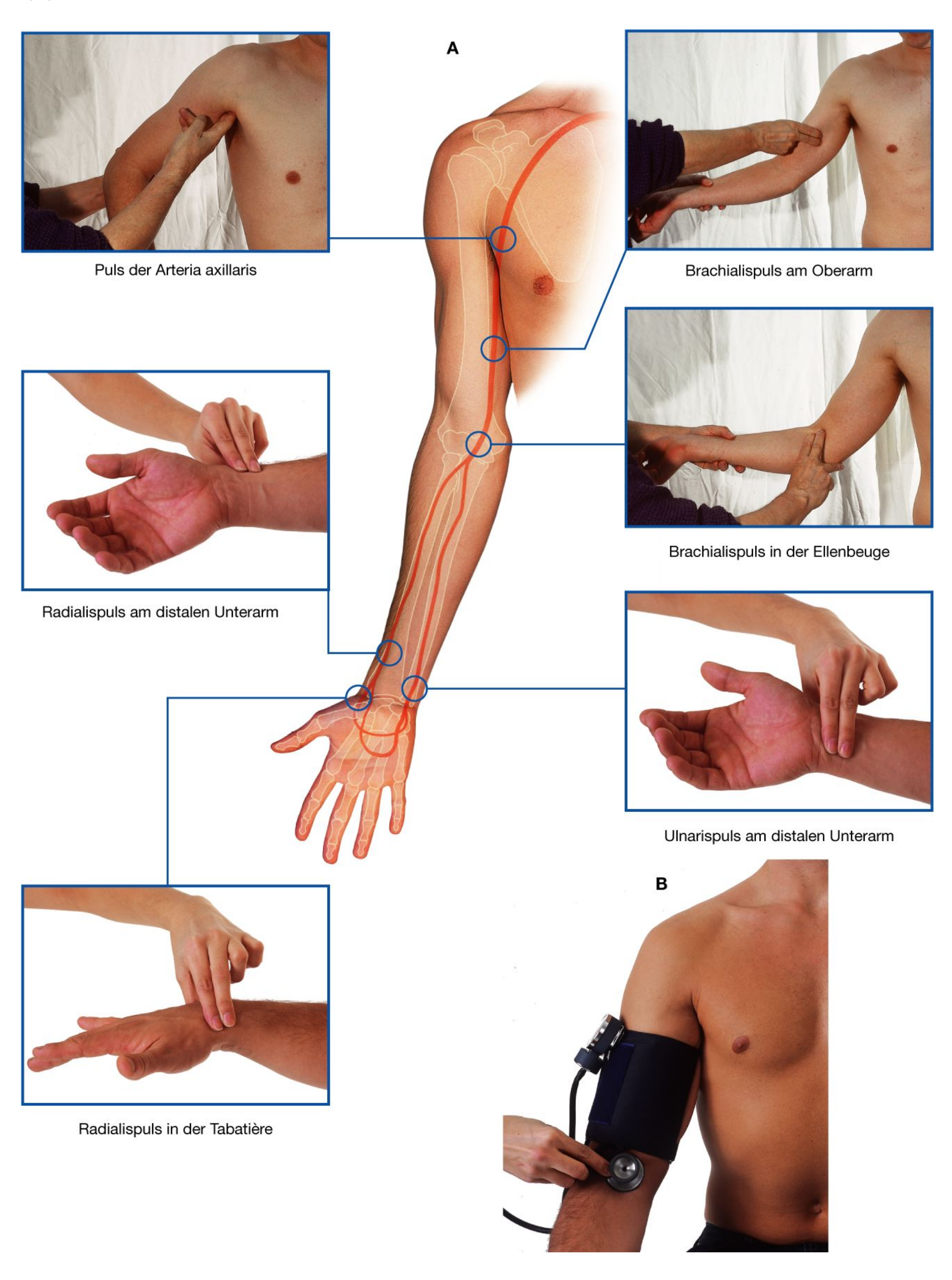
- Puls der Arteria brachialis am Oberarm: Die Arteria brachialis kann am medialen Oberarm in der Lücke zwischen Musculus biceps brachii und Musculus triceps brachii palpiert werden. Hier wird die Blutdruckmanschette angelegt (Abb. 7.122B).
- Puls der Arteria brachialis in der Ellenbeuge: Die Arteria brachialis liegt in der Ellenbeuge medial der Sehne des Musculus biceps brachii. Hier wird das Stethoskop angelegt, um den Puls bei der Blutdruckmessung abzuhören (Abb. 7.122B).
- Radialispuls am distalen Unterarm: Die Arteria radialis kann direkt radial der Sehne des Musculus flexor carpi radialis palpiert werden. Dies ist die häufigste Lokalisation für die Beurteilung des Pulses.
- Ulnarispuls am distalen Unterarm: Die Arteria ulnaris kann unterhalb der radialen Grenze der Sehne des Musculus flexor carpi ulnaris und proximal des Os pisiforme getastet werden.
- Puls der Arteria radialis in der Tabatière: Die Arteria radialis kann am lateralen Handgelenk zwischen der Sehne des Musculus extensor pollicis longus und den Sehnen der Musculi extensor pollicis brevis und abductor pollicis longus palpiert werden.

Abb. 7.121



Aufsuchen von Arcus palmaris superficialis und Arcus palmaris profundus. Die proximale transversale Hautfalte der Hohlhand und die distale Handgelenksbeugefalte sind bezeichnet, und die Hohlhandbögen sind als Überlagerung eingezeichnet. Außerdem ist die Lage von Os pisiforme und Hamulus ossis hamati dargestellt.

Abb. 7.122



Orte der Pulsmessung an der oberen Extremität. **A**. Pulse. **B**. Platzierung der Blutdruckmanschette und des Stethoskops.

Klinische Fälle

Fall 1

Schulterprobleme nach Sturz auf die ausgestreckte Hand

Ein 45-jähriger Mann stellt sich mit Schmerzen und Schwäche in der rechten Schulter vor. Die Schmerzen traten auf, nachdem er vor etwa sechs Monaten auf die ausgestreckte rechte Hand gestürzt war. Er erinnert sich nach dem Sturz lediglich an Verspannungen in der Schulter. Ansonsten fühlt er sich gut.

Bei der Untersuchung der Schulter fällt eine deutliche Atrophie der Muskulatur in der Fossa supraspinata und der Fossa infraspinata auf. Der Patient hat Schwierigkeiten bei der Abduktion/Elevation des Arms, und es zeigt sich eine Schwäche bei der Außenrotation des Humerus.

Die Musculi supraspinatus und infraspinatus sind deutlich atrophiert.

Eine Muskelatrophie kann verschiedene Ursachen haben. Die häufigste Ursache ist Nichtgebrauch. Ein Beispiel für die Atrophie durch Nichtgebrauch ist der Verlust der Muskulatur nach Ruhigstellung bei Frakturen. Der gegenteilige Effekt ist ebenfalls möglich – bei Überbeanspruchung der Muskulatur kommt es zur Muskelhypertrophie.

Die Musculi supraspinatus und infraspinatus werden vom Nervus suprascapularis innerviert (C5, C6), der aus dem Truncus superior des Plexus brachialis hervorgeht. Aufgrund der Tatsache, dass bei dem Patienten nur die beiden Muskeln betroffen sind, ist anzunehmen, dass die Muskelatrophie durch Denervation bedingt ist. Nerven werden durch Verletzungen, Kompression oder durch pharmakologische Einflüsse geschädigt.

Die typische Lokalisation für eine Kompression des Nervus suprascapularis ist die Incisura spinoglenoidalis am lateralen Rand der Spina scapulae nahe dem Schultergelenk. Die Inzisur wird vom Ligamentum transversum scapulae inferius (Ligamentum spinoglenoidale) begrenzt, sodass ein osteofibröser Kanal entsteht, durch den der Nerv hindurchtritt.

Die vermeintlich kleine Verletzung des Patienten hat das Labrum glenoidale geschädigt, sodass sich eine Zyste ausbilden konnte, die sich in die Incisura spinoglenoidalis vorgewölbt hat. Durch die Zyste ist es zur Kompression des Nervus suprascapularis gekommen.

Die operative Entfernung des beschädigten Anteils des Labrum glenoidale verbessert die Symptome des Patienten.

Fall 2

Scapula alata

Eine 57-jährige Patientin musste sich aufgrund eines Mammakarzinoms einer Mastektomie der rechten Brust unterziehen. Im Operationsbericht steht, dass das gesamte

Brustdrüsengewebe inklusive des Processus axillaris entfernt wurde. Zusätzlich erfolgte die Entfernung aller axillären Lymphknoten mit dem umgebenden Fettgewebe. Die anschließende Genesung verlief unauffällig.

Bei der ersten Nachuntersuchung berichtet der Ehemann der Patientin, dass sie einen knöchernen „Stachel" am Rücken entwickelt habe. Bei der Inspektion entpuppt sich der Stachel als Angulus inferior scapulae; die Scapula steht nach dorsal ab. Beim Anheben der Arme verstärkte sich die Symptomatik.

Der Margo medialis der Scapula ist deutlich sichtbar; der Musculus serratus anterior, der an der Spitze der Scapula ansetzt, erscheint atrophiert. Der Nerv, der den Musculus serratus anterior innerviert, ist geschädigt.

Im Rahmen der axillären Lymphknotenausräumung wurde der Nervus thoracicus longus, der an der lateralen Thoraxwand auf der Oberfläche des Musculus serratus anterior verläuft und direkt unterhalb der Haut und der Subcutis liegt, verletzt.

Obwohl es unwahrscheinlich ist, dass sich der Zustand wieder ändert, da der Nerv durchtrennt wurde, ist die Patientin dennoch froh, eine adäquate Erklärung für den knöchernen „Stachel" erhalten zu haben.

769

770

Fall 3

Nervenblockade des Plexus brachialis

Ein Chirurg will eine komplexe Operation am Hand-gelenk eines Patienten durchführen und fragt den Anästhesisten, ob es möglich sei, den gesamten Arm zu betäuben, während der Patient wach sei. Innerhalb von 20 min ist der Wunsch erfüllt, nachdem der Anästhesist 10 ml eines Lokalanästhetikums in die Axilla injiziert hat. Die Operation kann durchgeführt werden, ohne dass der Patient etwas davon merkt und dennoch bei vollem Bewusstsein ist.

Das Lokalanästhetikum ist in die axilläre Gefäß-Nerven-Scheide injiziert worden (axilläre Plexusanästhesie).

Es ist nahezu unmöglich, das Handgelenk am Unterarm zu betäuben, denn hier müsste man das Lokalanästhetikum exakt um den Nervus ulnaris, den Nervus medianus und den Nervus radialis injizieren. Ferner müssten alle Hautäste des Unterarms einzeln betäubt werden; das würde erstens viel Zeit in Anspruch nehmen und zweitens wahrscheinlich nur zu einer subtotalen Anästhesie führen.

Die Nerven der oberen Extremität stammen aus dem Plexus brachialis, der in der Axilla die Arteria axillaris umgibt. Wichtig ist, dass die Arteria axillaris, die Vena axillaris und der Plexus brachialis in einem Faszienschlauch der Fascia axillaris profunda verlaufen, die als axilläre Gefäß-Nerven-Scheide bezeichnet wird. Durch Injektion des Lokalanästhetikums in den Faszienschlauch können alle Nerven des Plexus brachialis betäubt werden. Eine Ausnahme bildet der Nervus costobrachialis, der vom Brustkorb zur medialen Seite des Oberarms verläuft und hier die Haut sensibel innerviert. Er wird bei der axillären Plexusblockade nicht betäubt.

Manipulationen sollten im Rahmen der Blockade daher nur am Unterarm und an der Hand durchgeführt werden.

Wenn der Patient seinen Arm abduziert und außenrotiert (Hand hinter den Kopf), kann man in der Axilla gut die Arteria axillaris palpieren und so die Lage der Gefäß-Nerven-Scheide bestimmen. Anschließend wird eine Kanüle in den Faszienschlauch eingestochen, und das Lokalanästhetikum wurd beidseits des Gefäßes injiziert. Das Lokalanästhetikum breitet sich um die Nerven innerhalb der Gefäß-Nerven-Scheide aus und betäubt so alle Nerven des Plexus brachialis. Dies wird als Plexusblockade bezeichnet.

„Können Komplikationen auftreten?“, fragt der Patient.

Mögliche Komplikationen sind die direkte Nadelverletzung der einzelnen Äste des Plexus brachialis beim Einstechen der Nadel, Verletzung der Arteria axillaris und die versehentliche Injektion des Lokalanästhetikums in die Arterie.

Fall 4

Komplikationen einer Fraktur der 1. Rippe

Eine 25-jährige Patientin wird bei einem Unfall vom Motorrad geschleudert. Beim Eintreffen in der Notaufnahme ist sie bewusstlos. Es wird eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, u.a. ein Röntgenbild des Thorax. Der zuständige Arzt diagnostiziert eine komplexe Fraktur der 1. Rippe links.

Viele wichtige Strukturen, die die obere Extremität versorgen, verlaufen über die 1. Rippe.

Es ist wichtig, die Nerven, die die obere Extremität innervieren und versorgen, zu untersuchen. Dies ist relativ schwer, wenn der Patient bewusstlos ist. Es gibt aber einige Muskelreflexe, die mit dem Reflexhammer getestet werden können. Ferner kann man bei Patienten mit veränderter Bewusstseinslage Schmerzreflexe testen. Ein Pulsstatus der oberen Extremität (Arteria axillaris, Arteria brachialis, Arteria radialis, Arteria ulnaris) sollte erhoben werden, da durch eine Fraktur der 1. Rippe die Arteria subclavia verletzt sein kann.

Die Patientin erhält sofort eine Thoraxdrainage, da die linke Lunge kollabiert ist. Die frakturierte 1. Rippe hat die Pleurae parietalis und visceralis verletzt, sodass Luft aus der verletzten Lunge in den Pleuraspalt eingedrungen ist (Pneumothorax); dadurch ist die Lunge kollabiert, woraus eine eingeschränkte Lungenfunktion resultiert.

Ein Schlauch wird zwischen den Rippen eingeführt, und die Luft wird abgesaugt, sodass sich die Lunge wieder entfalten kann.

770

771

Die 1. Rippe liegt an der Halsbasis. Rippenfrakturen können schon bei kleineren Traumata auftreten. Die 1. Rippe ist aber so von Muskulatur und Weichteilen umgeben, dass sie relativ gut geschützt ist. Folglich muss ein Patient mit einer Fraktur der 1. Rippe ein relativ starkes Trauma erlitten haben, beispielsweise im Rahmen von Dezelerationsverletzungen (Verletzungen, die bei der plötzlichen Abbremsung von einer sehr hohen Geschwindigkeit auf eine sehr niedrige Geschwindigkeit oder auf den Nullpunkt zustande kommen). Andere Verletzungen müssen

ausgeschlossen und der Patient sollte beobachtet werden, um weitere Verletzungen der tiefen Halsabschnitte und/oder des Mediastinums nicht zu übersehen.

Fall 5

Karpaltunnelsyndrom

Eine 25-jährige Frau stellt sich mit Taubheitsgefühl und Kribbeln in Daumen, Zeige- und Mittelfinger bei einer Handchirurgin vor. Bei der Untersuchung fallen eine Atrophie des Thenars sowie die Unfähigkeit zur Abduktion des Daumens im Daumensattelgelenk und zur Opposition des Daumens auf.

Die klinischen Befunde sind ausgeprägt und deuten auf eine Schädigung des Nervus medianus hin.

Die weitere Untersuchung ergibt keine Dysfunktion der Beugemuskeln am Unterarm.

Die Chirurgin vermutet eine Schädigung des Nervs im Bereich des Handgelenks. Die Patientin verneint Fragen zu vorangegangenen Verletzungen des Handgelenks und berichtet über keinerlei Beschwerden in diesem Bereich. Beim Beklopfen des Retinaculum musculorum flexorum verstärken sich Kribbeln und Taubheitsgefühl in den drei radialen Fingern (Hoffmann-Tinel-Zeichen).

Die klinischen Befunde sind typisch für ein Karpaltunnelsyndrom. Der Nervus medianus verläuft zusammen mit den Sehnen des Musculus flexor digitorum profundus und des Musculus flexor digitorum superficialis unter dem Retinaculum musculorum flexorum im Karpaltunnel. Die Patientin hat eine kleine synoviale Aussackung der karpalen Gelenkkapsel, die progredient wächst. Bei der Vergrößerung wird der Inhalt des Karpaltunnels einschließlich des Nervus medianus komprimiert, und es treten die Symptome auf.

Die Patientin wird operiert. In Plexusanästhesie wird ein einfacher Schnitt gemacht, um das Retinaculum musculorum flexorum zu spalten und den Druck im Karpaltunnel zu reduzieren.

Bei der Untersuchung der Patientin nach sechs Wochen ist die Atrophie der Daumenballenmuskulatur deutlich rückläufig, und die Symptome an der Hand sind vollständig verschwunden.

771

772

Fall 6

Immobilisierung des Musculus extensor digitorum Nach einem langen Lerntag treffen sich zwei Studenten zum Kaffeetrinken. Der ältere Student wettet mit dem jüngeren um 5 Euro, dass er nicht in der Lage sei, ein Schreibheft mit einem Finger anzuheben. Der jüngere Student nimmt die Wette an. Der ältere Medizinstudent bittet den jüngeren, die Hand zur Faust zu ballen und sie mit dem Handrücken nach oben auf den Tisch zu legen, und zwar so, dass die Mittelglieder der Langfinger auf der Oberfläche aufliegen. Dann soll der Kommilitone den Mittelfinger ausstrecken, die anderen Langfinger aber weiter auf der Tischfläche liegen lassen.

Nun wird ein Schreibheft auf das Mittelfingerendglied gelegt und der Student wird gebeten, dieses anzuheben. Er kann das Heft nicht bewegen und verliert so 5 Euro.

Die Streckung des Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfingers erfolgt durch den Musculus extensor digitorum.

Durch das Andrücken der Mittelglieder der Faust auf die Tischplatte wird der Musculus extensor digitorum effektiv immobilisiert. Der junge Medizinstudent war aus diesem Grund nicht in der Lage, den Mittelfinger zu strecken. Wichtig ist, dass die gleiche Aktion mit dem Zeigefinger und auch mit dem kleinen Finger durchaus durchführbar gewesen wäre, da diese beiden Finger zusätzlich zum Musculus extensor digitorum eigene Streckmuskeln (Musculus extensor indicis und Musculus extensor digiti minimi) besitzen.

Fall 7

Ruptur der Supraspinatussehne

Eine 70-jährige Patientin stellt sich mit Schmerzen in der rechten Schulter bei einem Orthopäden vor. Sie ist unfähig, die Abduktion des rechten Arms zu initiieren. Die weitere Untersuchung ergibt eine Atrophie des Musculus supraspinatus in der Fossa supraspinata. Der Musculus supraspinatus ist geschädigt.

Die Abduktion des Humerus im Glenohumeralgelenk wird durch den Musculus supraspinatus initiiert. Nachdem der Arm etwa um 10–15° abduziert ist, wird die Bewegung durch den Musculus deltoideus weitergeführt. Die Patientin konnte den Arm abduzieren, nachdem sie die Schulter gesenkt und so gedreht hatte, dass der Musculus deltoideus aktiv werden konnte.

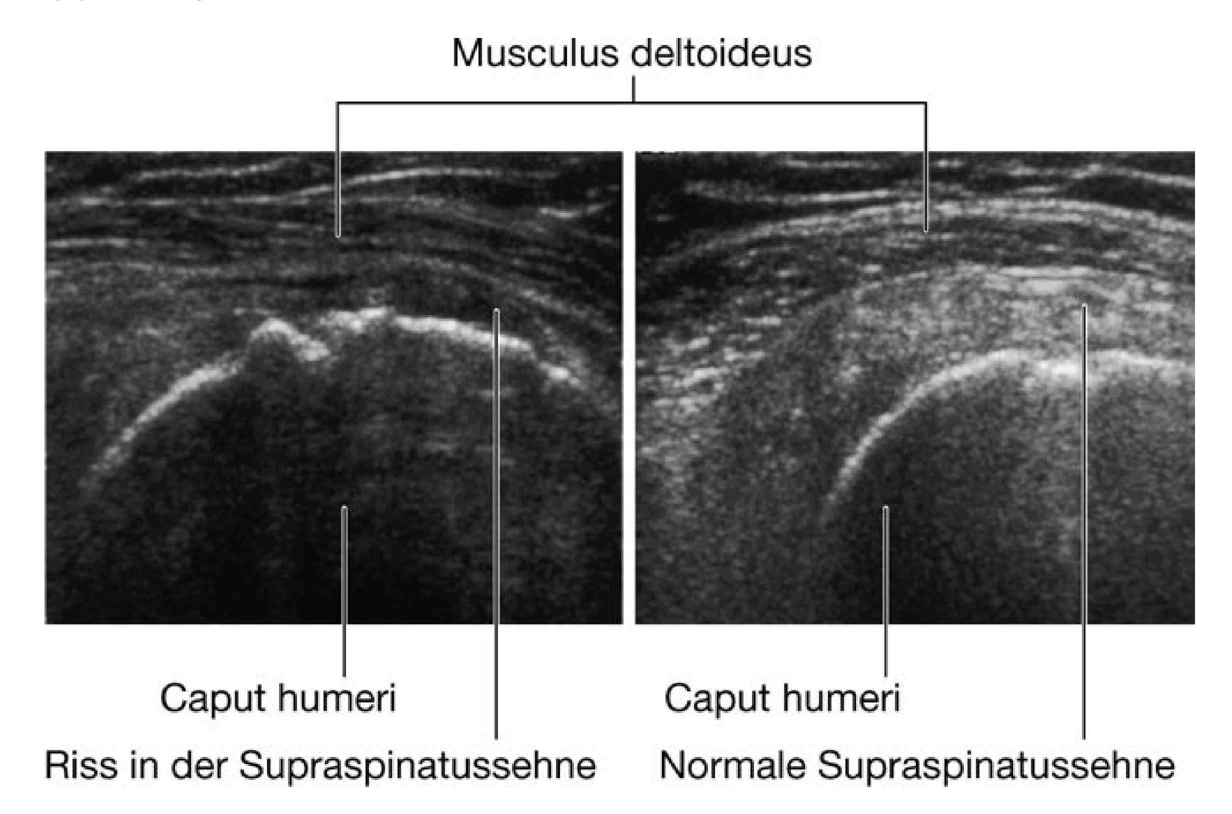
Der Verlust der Muskelmasse in der Fossa supraspinata lässt eine Muskelatrophie vermuten.

Muskelatrophien können auftreten, wenn ein Muskel nicht mehr benutzt wird. Der Orthopäde vermutet eine Ruptur der Supraspinatussehne unterhalb des Acromions. Auch dann würde der Muskel atrophieren.

Die Diagnose kann durch eine Ultraschalluntersuchung gesichert werden.

Die Patientin wird auf einen Stuhl gesetzt und ihre Schulter freigelegt; dann muss die Patientin ihre Hand auf das rechte Gesäß legen. Hierbei wird die Schulter gestreckt und außenrotiert, sodass die Sehne des Musculus supraspinatus sonographisch untersucht werden kann. Die Ultraschalluntersuchung zeigt eine komplett rupturierte Sehne des Musculus supraspinatus mit Ergussbildung in der Bursa subacromialis (Abb. 7.123). Es wird eine operative Refixation vorgenommen, von der sich die Patientin gut erholt.

Abb. 7.123



Ultraschallbild mit komplett rupturierter Supraspinatussehne und Flüssigkeitsansammlung in der Bursa subacromialis.

772

773

Fall 8

Untersuchung der Hand

Eine Assistenzärztin wird gebeten, eine klinische Einschätzung einer Patientenhand durchzuführen. Sie erhebt folgende Befunde:

Muskel- und Skelettsystem

Das Muskel- und Skelettsystem beinhaltet die Knochen, Gelenke, Muskeln und Sehnen. Die Assistenzärztin fahndet nach Abnormitäten oder Muskelatrophien. Das Wissen über eine Muskelatrophie liefert Hinweise auf den Nerv, der den Muskel versorgt. Die Ärztin palpiert die einzelnen Knochen und das Kahnbein mit dem Handgelenk in Ulnarabduktion. Sie untersucht die Bewegungen der Gelenke, die durch Gelenkerkrankungen oder Muskelkontraktionen eingeschränkt sein können.

Durchblutung

Die Palpation der Pulse der Arteriae ulnaris und radialis ist notwendig. Die Assistenzärztin untersucht die kapilläre Blutversorgung der Fingerkuppen, um zu beurteilen, wie gut die Perfusion der Hand ist.

Untersuchung der Nerven

Alle drei Nerven der Hand sollten geprüft werden:

Nervus medianus

Der Nervus medianus innerviert die Haut an der Palmarseite der radialen dreieinhalb Finger, die Streckseite der Fingerendglieder sowie einen Teil der radialen Seite der Hohlhand. Eine Schädigung des Nervus medianus führt zu einer ausgeprägten Schwächung der Thenarmuskulatur mit der Unfähigkeit, den Daumen zu abduzieren und zu opponieren.

Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris innerviert die Haut der Beuge- und Streckseite des kleinen Fingers sowie die ulnare Seite des Ringfingers, die Haut über dem Hypothenar und ein ähnlich großes Areal streckseitig am ulnaren Handrücken. Gelegentlich innerviert der Nervus ulnaris auch den gesamten Ringfinger und die ulnare Seite des Mittelfingers.

Eine Lähmung des Nervus ulnaris führt zu einer Atrophie der Hypothenarmuskulatur mit der Unfähigkeit, in den distalen Interphalangealgelenken von Ring- und Kleinfinger zu beugen, und der Unfähigkeit der Abduktion und Adduktion der Finger. Der Daumen ist nicht betroffen.

Nervus radialis

Der Nervus radialis innerviert ein kleines Hautareal über der lateralen Seite des Os metacarpi I und der ersten Zwischenfingerfalte.

Der Nervus radialis bewirkt außerdem die Streckung des Handgelenks sowie die Streckung der Metakarpophalangealgelenke und Interphalangealgelenke der Finger.

Eine einfache Untersuchung würde einen Test für den Nervus medianus mit Opposition des Daumens, einen Test für den Nervus ulnaris durch Adduktion der Finger und einen Test für den Nervus radialis durch Streckung des Handgelenks und der Finger sowie das Gefühl auf der Streckseite der ersten Zwischenfingerfalte beinhalten.

773

774

10 kurze Fragen

1.

F: **Ein junger Mann war an einem Kampf beteiligt, bei dem er jemandem auf das Kinn geschlagen hat. Er kommt mit einem sichtbar eingesunkenen Knöchel des 5. Fingers der rechten Hand in die Notaufnahme**.

A: Die Verletzung wird auch als Boxer-Fraktur bezeichnet und ist häufig mit Schlagverletzungen assoziiert. Typischerweise besteht eine Schrägfraktur des Halses des fünften Mittelhandknochens. Der Winkel der Fraktur wird durch Faustschluss verstärkt; dadurch verschwindet der Knöchel.

2.

F: **Ein 37-jähriger Mann erleidet während eines USA-Aufenthalts eine Appendizitis und muss vor Ort operiert werden. Um einen Patienten in einem amerikanischen Krankenhaus vom Operationstisch ins Bett zu heben, werden Stangen in ein doppellagiges Tuch geschoben, um den Patienten so anzuheben. Einer der OP-Assistenten bemerkt, dass eine der Stangen den Patienten am Ellenbogen getroffen hat. Der Patient hat eine komplette Lähmung des Nervus ulnaris, nachdem er aufgewacht ist. Warum?**

A: Dies ist eine gut dokumentierte Verletzung im OP. Die meisten OP-Assistenten sind aufmerksam, sodass eine solche Verletzung nicht passiert. Typischerweise trifft die Stange den medialen Teil des Ellenbogens und komprimiert so den Nervus ulnaris im Bereich des Epicondylus medialis. Anschließend bietet der Patient die typischen Symptome einer Lähmung des Nervus ulnaris am Ellenbogen mit Anästhesie am Kleinfinger und der ulnaren Hälfte des Ringfingers. Des Weiteren bestehen Schwäche und in der Folge Atrophie der Hypothenarmuskulatur, Verlust der Funktion der Musculi lumbricales III und IV mit Krallenstellung von Ring- und Kleinfinger, Verlust der Adduktionsfähigkeit des Handgelenks und Verlust der Kraft der Musculi interossei.

3.

F: **Eine Patientin bleibt beim Anziehen mit dem rechten Zeigefinger in ihrem Ärmel hängen und kann nun das distale Interphalangealgelenk nicht mehr strecken. Warum?**

A: Die Patientin hat eine typische „Schwanenhalsdeformität“. Die Strecksehne wurde von der Basis der Phalanx distalis abgelöst. Ein Röntgenbild sollte angefertigt werden, um einen knöchernen Ausriss der Sehne auszuschließen, der in einigen Fällen operativ refixiert werden kann. Die Patientin wird mit einer Schiene behandelt, die den Finger in Streckstellung hält. Dadurch wird eine gute Erholung der Funktion erzielt.

4.

F: **Nach einer Luxation der linken Schulter klagt ein Patient über ein Taubheitsgefühl an der lateralen Schulter. Warum?**

A: Eine Dislokation des Humerus kann zur Druckschädigung des Nervus axillaris an der Stelle führen, an der dieser durch die laterale Achsellücke in der Axilla verläuft. Das sensible Areal, das der Nervus axillaris versorgt, liegt am Unterrand des Musculus deltoideus (Nervus cutaneus brachii lateralis superior).

5.

F: **Bei der Untersuchung einer Hand entdeckt ein Medizinstudent den Ausfall der Feinmotorik mit einer Anästhesie über dem medialen Rand des Unterarms und Ellenbogens. Welcher Nerv ist beteiligt?**

A: Der Medizinstudent ist verwirrt, da das Areal mit dem Sensibilitätsverlust nicht für einen der Handnerven typisch ist. Ein aktuelles Thorax-Röntgenbild zeigt einen großen

Tumor der 1. Rippe, der es ermöglicht, die Diagnose zu stellen. Der Tumor der 1. Rippe liegt kranial und komprimiert den Truncus inferior des Plexus brachialis. Der Plexus brachialis erhält Fasern aus dem Spinalnerv Th1, der oberhalb der 1. Rippe in die obere Extremität läuft.

774
775

6.

F: **Eine Patientin hat die typischen Symptome einer Kompression des Nervus medianus unterhalb des Retinaculum musculorum flexorum. Es wird die Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms gestellt, und die Patientin wird zur operativen Dekompression überwiesen. Ein Medizinstudent findet aber bei der Aufnahmeuntersuchung ein Areal mit bestehendem Taubheitsgefühl über der Basis des Thenars, das vermuten lässt, dass der Nerv nicht im Karpaltunnel komprimiert wird**.

A: Bei der Kompression des Nervus medianus unterhalb des Retinaculum musculorum flexorum im Karpaltunnel (Karpaltunnelsyndrom) haben die Patienten normalerweise keinen Sensibilitätsverlust am Thenar, da dieses durch den Ramus thenaris versorgt wird, der vom Nervus medianus abgeht, bevor dieser in den Karpaltunnel eintritt. Folglich sollte bei einem Sensibilitätsverlust in diesem Areal bei bestehenden Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms nach einer anderen Diagnose gesucht werden. Ein kleiner Nervenscheidentumor des Nervus medianus wurde bei dieser Patientin am Unterarm entfernt, und die Spaltung des Karpaltunnels war nicht mehr nötig.

7.

F: **Während eines Skiurlaubs bleibt ein junger Professor mit der Hand an seinem Skistock hängen, er bemerkt eine deutliche Laxizität an der medialen Seite des Daumengrundgelenks. Warum?**

A: Dies ist eine typische Verletzung durch den Skistock mit Riss des medialen Kollateralbands am Metakarpophalangealgelenk des Daumens – der „Skidaumen“. Das ulnare Kollateralband trägt zur Stabilität des Daumens bei. Ohne das Band kann der Patient Schwierigkeiten mit der Adduktion und Stabilisierung des Daumens haben. In der Regel ist die operative Refixation angezeigt. In England wird diese Verletzung als Wildhüterverletzung bezeichnet, die bei der Benutzung des Gewehrs durch den Rückschlag entsteht.

8.

F: **Ein junger Mann erleidet einen Sturz auf die ausgestreckte Hand. Bei der Untersuchung der Hand in Ulnarabduktion gibt der Mann einen Druckschmerz in der Tabatière an. Röntgenbilder zeigen keine Fraktur des Os scaphoideum, der Patient wird aber trotzdem im Gips ruhiggestellt. Warum?**

A: Skaphoidfrakturen entstehen typischerweise beim Sturz auf die ausgestreckte Hand. Die Fraktur geht normalerweise durch die Taille des Knochens, und 10% der Patienten erleiden eine Osteonekrose des proximalen Fragments. Bei einigen Patienten ist die

Fraktur im Röntgenbild nicht sichtbar. Bei klinischem Verdacht ist es aber angebracht, die Hand ruhigzustellen und nach etwa ein bis zwei Wochen eine erneute Röntgenaufnahme anzufertigen, da die Fraktur zu einem späteren Zeitpunkt meist sichtbar wird.

9.

F: **Bei Druck radial des Os pisiforme kontrahieren sich die Muskeln des Hypothenars. Warum?**

A: Der Nervus ulnaris verläuft lateral des Os pisiforme oberhalb des Retinaculum musculorum flexorum. Deshalb ist er der Kompression zugänglich, die den Nerv stimuliert. Hierdurch kommt es zur Kontraktion der Hypothenarmuskulatur und des Musculus palmaris brevis.

10.

F: **Nach einer Humerusschaftfraktur entwickelt ein Patient eine Fallhand. Warum?**

A: Eine Fallhand ist mit einer Verletzung des Nervus radialis assoziiert. Eine Fraktur im mittleren Humerusschaft kann den Nervus radialis verletzen, da er im Sulcus nervi radialis zwischen dem medialen und lateralen Kopf des Musculus triceps brachii verläuft.

8 Kopf und Hals

Übersicht

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Kopf und Hals sind anatomisch komplexe Bereiche des Körpers.

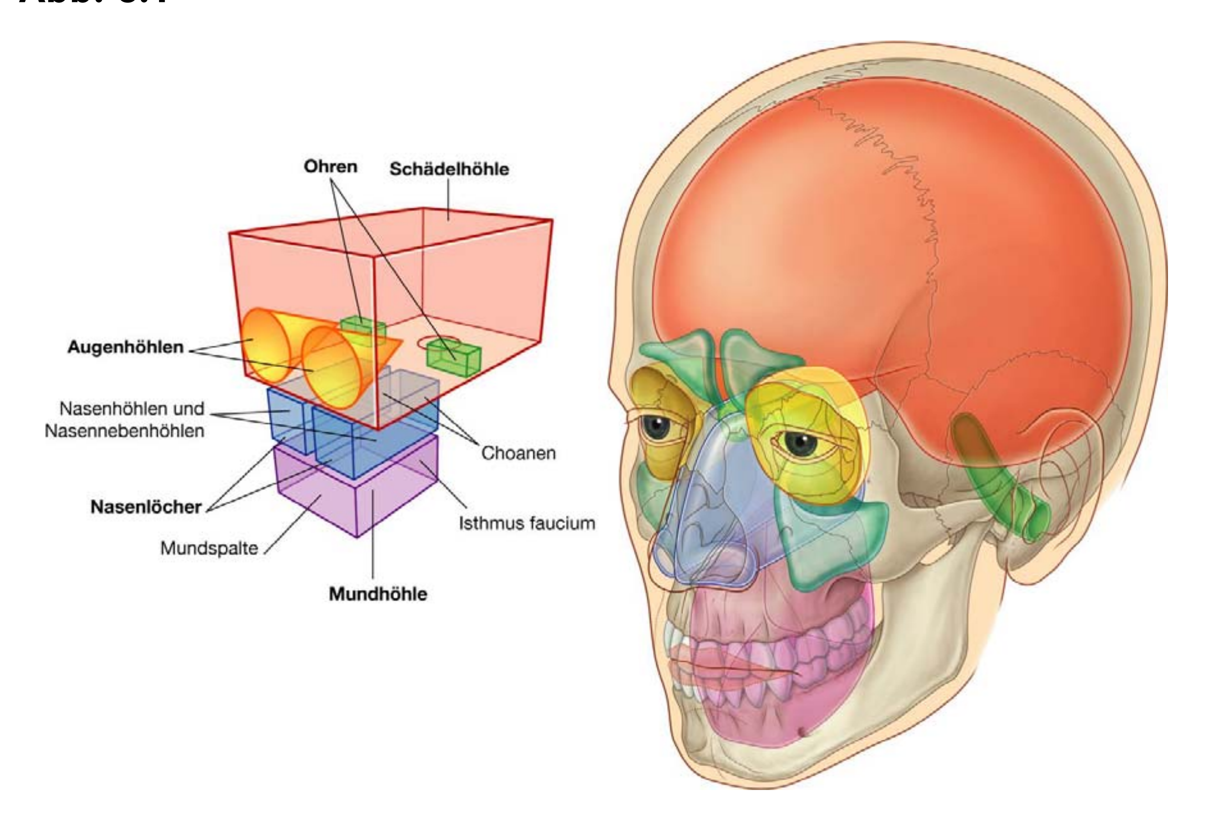
Kopf

Hauptkompartimente

Der Kopf besteht aus verschiedenen Kompartimenten, die von Knochen und Bindegewebe gebildet werden. Diese umfassen (Abb. 8.1):

- Schädelhöhle
- zwei Ohren
- zwei Augenhöhlen
- zwei Nasenhöhlen
- eine Mundhöhle.

Abb. 8.1



Wichtige Kompartimente von Kopf und Hals.

Die **Schädelhöhle** ist am größten und enthält das Gehirn sowie dessen Häute (Meningen).

Der Großteil des **Ohrs** (Innen und Mittelohr) ist beidseits in einem Knochen untergebracht, der Teil der Schädelbasis ist. Das äußere Ohr umfasst den äußeren Gehörgang und die Ohrmuschel.

Die beiden **Augenhöhlen** enthalten die Augen. Die kegelförmigen Kammern liegen unmittelbar unterhalb des vorderen Teils der Schädelhöhle mit der Spitze nach posteromedial. Die Wände der Augenhöhlen bestehen aus Knochen. Die Basis der kegelförmigen Kammer kann durch die Augenlider geöffnet und geschlossen werden.

Die **Nasenhöhle** bildet den oberen Anteil des Respirationstrakts und liegt zwischen den Augenhöhlen. Die Wände, der Boden und die Decke bestehen überwiegend aus Knochen und Knorpel. Die vorderen Öffnungen der Nasenhöhle sind die **Nares (Nasenlöcher)**, die hinteren Öffnungen sind die **Choanen (Aperturae nasales posteriores)**.

778

779

Mit der Nasenhöhle sind luftgefüllte Hohlräume **(Sinus paranasales)** verbunden, die sich nach lateral, superior und posterior in die umliegenden Knochen ausdehnen. Der größte, der **Sinus maxillaris (Kieferhöhle)**, liegt unter der Orbita.

Die **Mundhöhle** liegt unter der Nasenhöhle und wird von ihr durch den **harten** und den **weichen Gaumen** getrennt. Der Boden der Mundhöhle besteht vollständig aus Bindegewebe.

Die vordere Öffnung der Mundhöhle ist die **Mundspalte** (Mund, Rima oris), die hintere Öffnung bildet den Übergang zum Rachen (Pharynx) und heißt **Isthmus faucium**. Anders als Nares und Choanen, die ständig offen sind, können Mundspalte und Isthmus faucium durch die umgebenden Strukturen geöffnet und verschlossen werden.

Weitere anatomisch definierte Bereiche

Außer den großen Kompartimenten des Kopfes gibt es zwei weitere anatomisch definierte Regionen des Kopfes, die paarig angelegt sind und ein Übergangsgebiete zwischen verschiedenen Kopfkompartimenten darstellen (Abb. 8.2).

Die **Fossa infratemporalis** ist eine Grube zwischen dem dorsalen Anteil der Mandibula (Ramus mandibulae) und einer flachen Knochenlamelle (Lamina lateralis des Processus pterygoideus). Sie befindet sich unmittelbar dorsal des Oberkiefers (Maxilla). Die durch Knochen und Bindegewebe begrenzte Fossa infratemporalis ist Durchgangsgebiet für einen Ast des fünften Hirnnervs (Nervus trigeminus), den Nervus mandibularis [V_3], der durch die Schädelbasis zur Mundhöhle verläuft.

Die **Fossa pterygopalatina** liegt unmittelbar hinter dem Oberkiefer. Diese kleine Grube kommuniziert mit der Schädelhöhle, der Fossa infratemporalis, der Augenhöhle, der Nasenhöhle und der Mundhöhle. Eine wichtige Struktur, die durch die Fossa pterygopalatina verläuft, ist der Nervus maxillaris [V_2] (aus dem Nervus trigeminus).

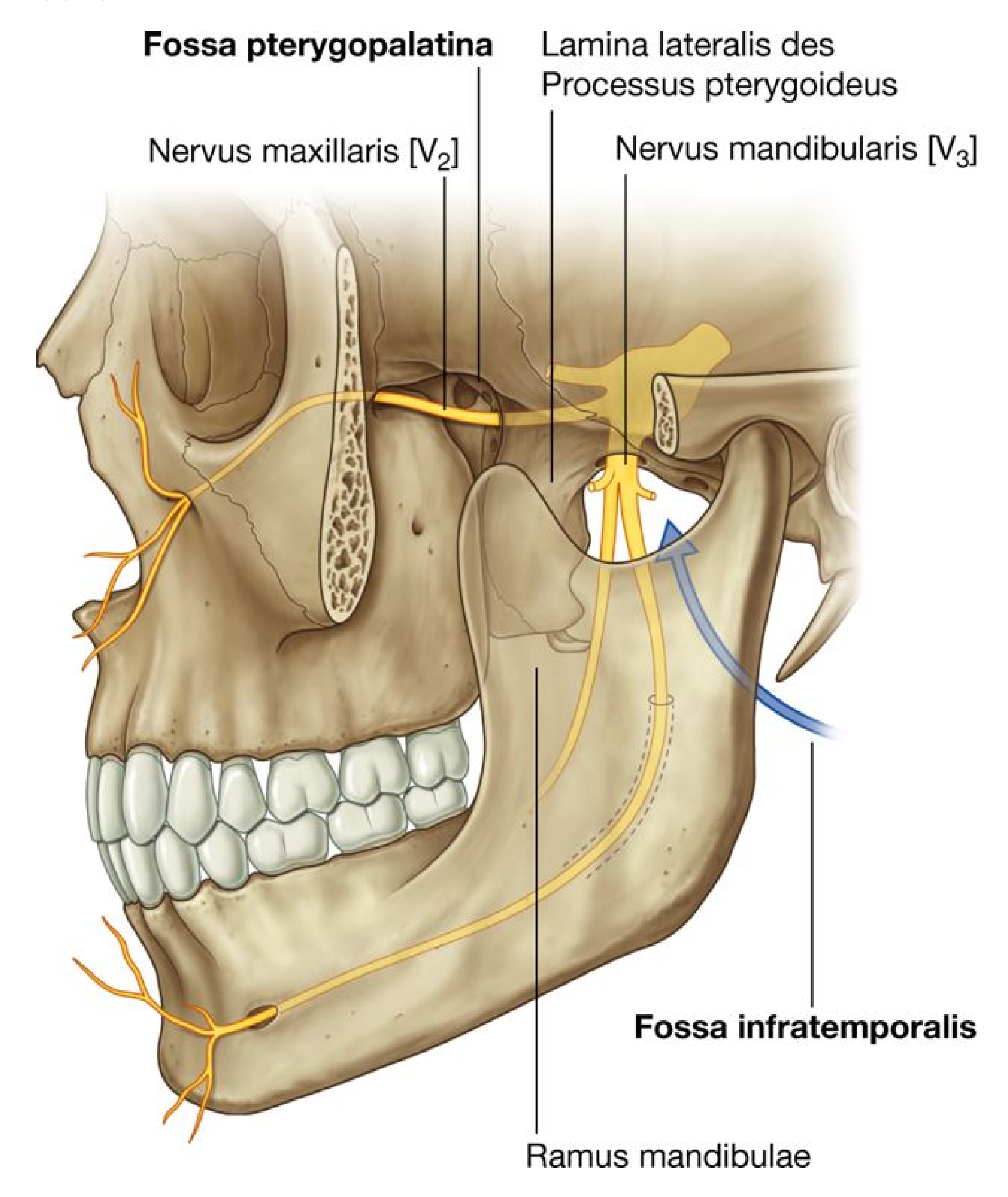
Die Vorderseite des Kopfes nimmt der Gesichtsschädel ein. Hier liegt das **Gesicht**. Unter der Gesichtshaut liegen spezielle Muskeln (mimische Muskulatur), die die Haut relativ zu den darunterliegenden Knochen bewegen können und den Verschluss von Augenhöhle (Orbita) und Mundhöhle kontrollieren (Abb. 8.3).

Die **Kopfschwarte** bedeckt die oberen, hinteren und lateralen Regionen des Kopfes.

Hals

Der **Hals** grenzt kranial an den Kopf und kaudal an Schultern und Thorax (Abb. 8.4). Seine Obergrenze verläuft entlang dem unteren Rand der Mandibula und bestimmter Knochenstrukturen auf der Hinterseite des Schädels. Der Hals reicht dorsal weiter nach kranial als rostral, da sich dorsal die Halseingeweide mit den hinteren Öffnungen von Nasen- und Mundhöhle verbinden müssen.

Abb. 8.2



Transiträume zwischen verschiedenen Kompartimenten des Kopfes.

Die kaudale Halsgrenze verläuft vom oberen Sternalrand aus entlang der Clavicula zum angrenzenden Acromion, einem knöcherner Vorsprung der Scapula. Dorsal ist die untere Grenze des Halses nicht genau definiert. Sie kann ungefähr mit einer Verbindungslinie zwischen Akromion und Processus spinosus des 7. Halswirbels (C7, Vertebra prominens) gleichgesetzt werden, der vorsteht und leicht tastbar ist. Die kaudale Halsgrenze verläuft um die **Halsbasis**.

Kompartimente

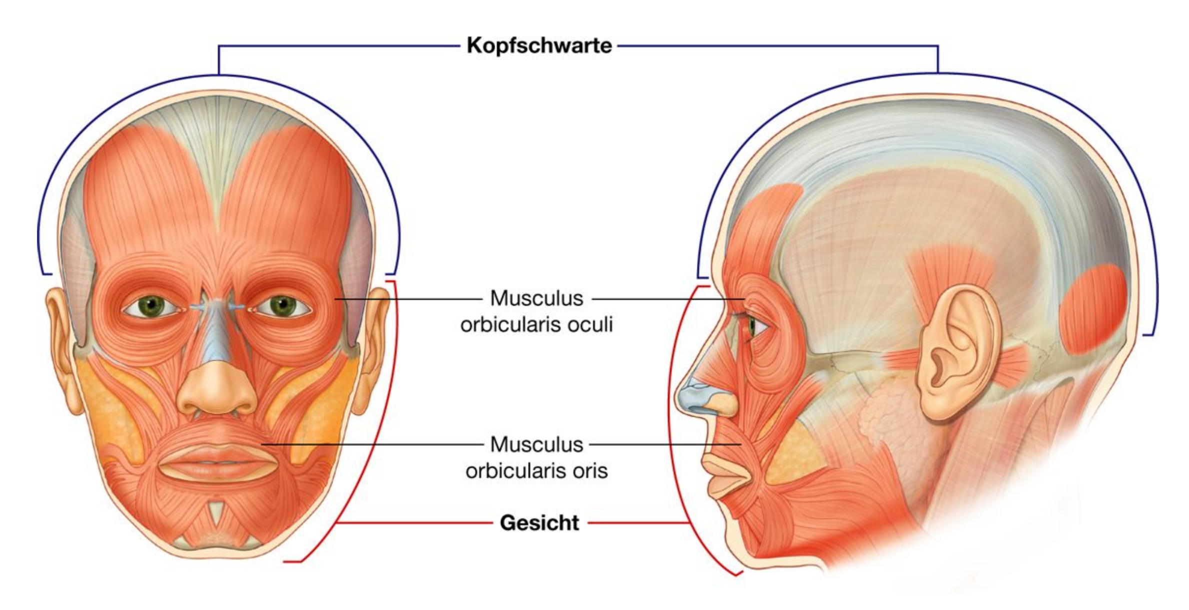
Der Hals besitzt vier Hauptkompartimente (Abb. 8.5), die von einem äußeren Mantel aus Muskeln und Faszien umschlossen sind:

- Das vertebrale Kompartiment enthält die Halswirbel und deren Haltungsmuskulatur.
- Das viszerale Kompartiment enthält wichtige Drüsen (Schilddrüse, Nebenschilddrüsen, Thymus) sowie Anteile des Atmungs- und des Verdauungstrakts, die vom Kopf zum Thorax ziehen.
- Zwei Gefäßkompartimente beinhalten die großen Blutgefäße und den Nervus vagus.

779

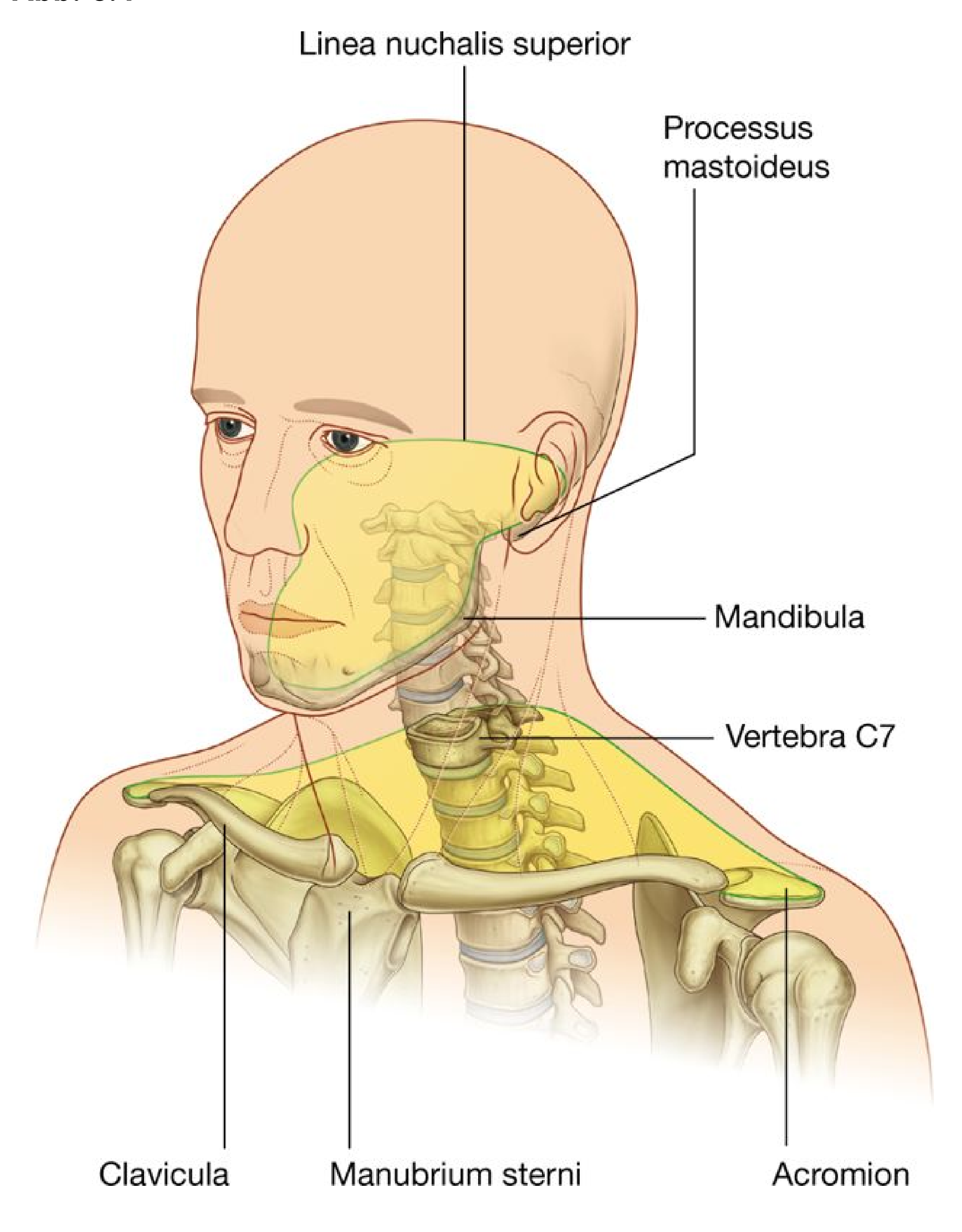
780

Abb. 8.3



Gesichtsmuskulatur.

Abb. 8.4

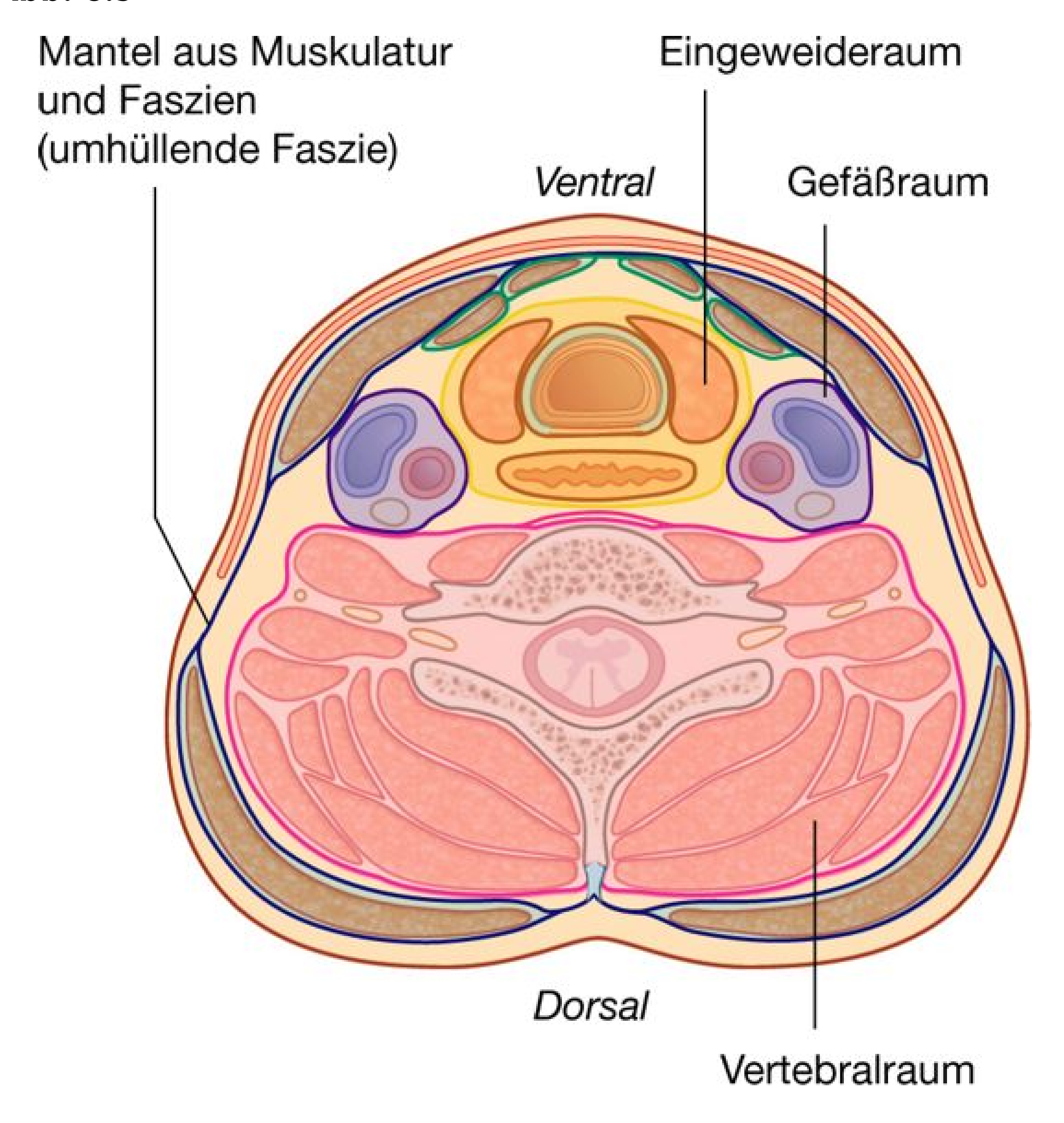


Halsgrenzen.

Larynx und Pharynx

Im Hals befinden sich zwei spezialisierte Strukturen, die dem Atem- bzw. Verdauungstrakt angehören – der Kehlkopf (Larynx) und der Schlund (Pharynx).

Abb. 8.5



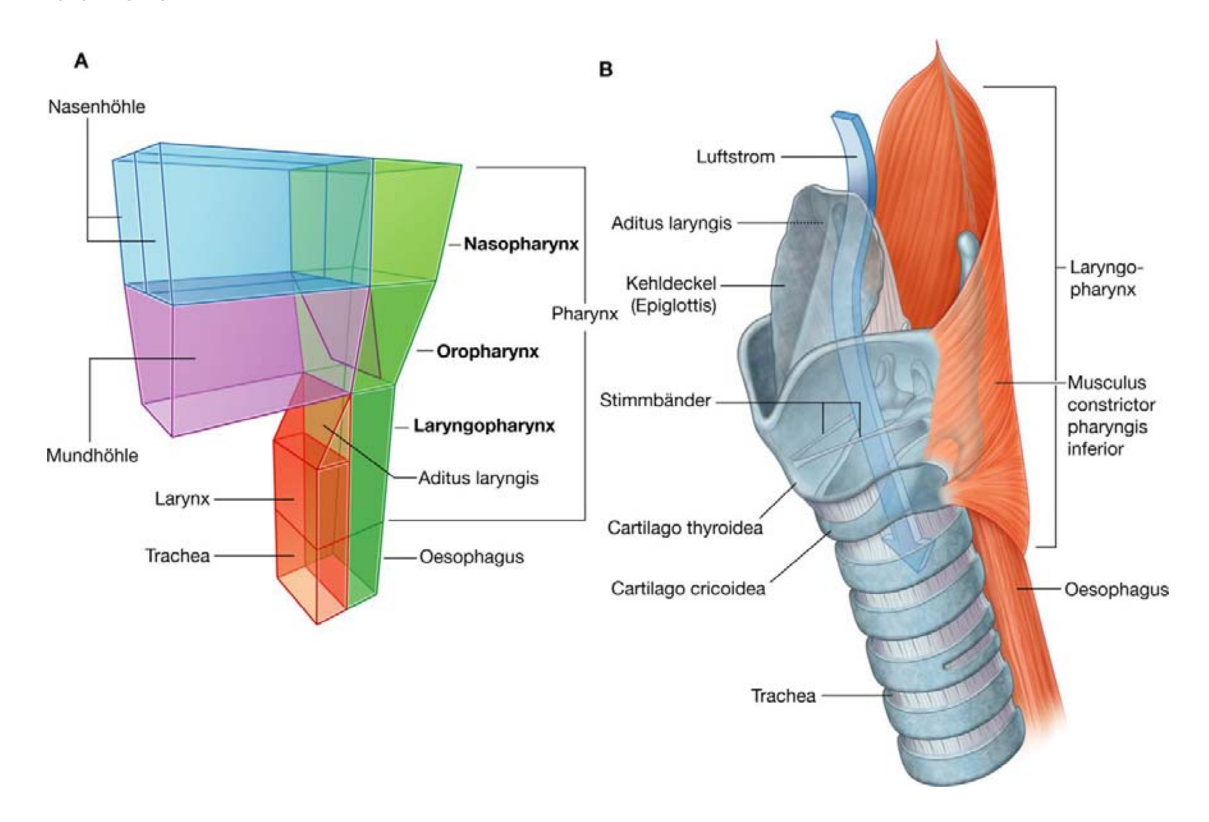
Halskompartimente.

Der **Larynx** (Abb. 8.6) ist der obere Anteil der unteren Atemwege. Er ist mit seinem kaudalen Anteil am oberen Abschnitt der Luftröhre (Trachea) und mit seinem kranialen Anteil durch eine bewegliche Membran am Zungenbein (Os hyoideum) befestigt. Das Zungenbein ist seinerseits beweglich am Mundboden fixiert. Das Skelett des Larynx besteht aus verschiedenen Knorpeln, die zentral einen Kanal bilden. Die Weite des Kanals ist durch Bindegewebsstrukturen in der Larynxwand modifizierbar. Die beiden wichtigsten Bindegewebsstrukturen sind die beiden lateral liegenden Stimmfalten (Plicae vocales), die sich von lateral in den Kehlkopfbinnenraum (Cavitas laryngis) vorwölben und einander gegenüberstehen. Die kraniale Öffnung des Larynx (Aditus laryngis) ist nach dorsal geneigt und führt in den Larynx.

780

781

Abb. 8.6



Halsstrukturen. **A**. Schematische Übersicht. **B**. Anatomische Ansicht.

Der **Pharynx** (Abb. 8.6) ist ein Halbzylinder aus Muskeln und Faszien, der kranial an der Schädelbasis fixiert ist und kaudal in die Speiseröhre übergeht. Auf beiden Seiten sind die Wände dieses Halbzylinders am lateralen Rand von Nasenhöhle, Mundhöhle und Larynx befestigt. Somit münden Nasenhöhle, Mundhöhle und Larynx in den rostralen Abschnitt des Pharynx ein. Der Pharynx selbst geht kaudal in die Speiseröhre über.

Der obere Anschnitt des Pharynx, der sich hinter der Nasenhöhle befindet, ist der **Nasopharynx** oder **Epipharynx**. Der mittlere Abschnitt, in den die Mundhöhle einmündet, ist der **Oropharynx** oder **Mesopharynx;** der kaudale Abschnitt hinter dem Larynx wird als **Laryngopharynx** oder **Hypopharynx** bezeichnet.

FUNKTIONEN

Schutz

Der Kopf enthält und schützt das Gehirn sowie sämtliche Rezeptorsysteme, die mit den Sinnen in Zusammenhang stehen – die Nasenhöhle für den Geruchssinn, die Augenhöhlen für das Sehen, die Ohren für Gehör und Gleichgewichtssinn sowie die Mundhöhle für den Geschmackssinn.

Enthält die oberen Anteile von Atem- und Verdauungstrakt

Der Kopf enthält die oberen Anteile des Atem- und des Verdauungstrakts – Nasenhöhle und Mundhöhle –; beide besitzen strukturelle Charakteristika, die die Wegstrecke so modifizieren können, dass Luft oder Nahrung in das jeweils vorgesehene System gelangen.

781
782

Kommunikation

Kopf und Hals sind wesentlich an der Kommunikation beteiligt. Im Kehlkopf gebildete Laute werden durch Pharynx und Mundhöhle modifiziert, um Sprache zu erzeugen. Außerdem beeinflusst die mimische Gesichtsmuskulatur den Gesichtsausdruck zur Übermittlung nonverbaler Botschaften.

Stellung des Kopfes

Der Hals trägt den Kopf und bestimmt dessen Stellung. Entscheidend ist, dass es dem Individuum durch den Hals ermöglicht wird, die Sinnesorgane des Kopfes auf Umweltreize zu richten, ohne dabei den gesamten Körper mitbewegen zu müssen.

Verbindung der oberen und unteren Anteile von Atem- und Verdauungstrakt

Der Hals enthält spezialisierte Strukturen (Pharynx und Larynx), die die oberen Anteile des Verdauungs und des Atemtrakts (Mundhöhle und Nasenhöhlen) des Kopfes mit dem Oesophagus und der Trachea verbinden, die erst relativ weit unten im Hals beginnen und bis in den Thorax reichen.

BESTANDTEILE

Schädel

Die einzelnen Knochen des Kopfes bilden zusammen den Schädel (Abb. 8.7A). Die meisten Schädelknochen sind untereinander durch **Schädelnähte** (**Suturen;** unbewegliche bindegewebige Knochenverbindungen) verbunden (Abb. 8.7B).

Beim Fetus und beim Neugeborenen existieren große, nur von Bindegewebe bedeckte, nicht verknöcherte Spalträume **(Fontanellen)** zwischen den Schädelknochen; insbesondere zwischen den großen platten Knochen, die den oberen Teil der Schädelhöhle bedecken (Abb. 8.7C). Diese ermöglichen

- die Verformung des Kopfes bei der Passage durch den Geburtskanal
- das postnatale Wachstum.

Der Großteil der Fontanellen schließt sich im Laufe des ersten Lebensjahres (Ausnahme Fonticulus anterior, der sich mit ca. 24. Monaten verschließt). Die Verknöcherung des

Bindegewebes zwischen den Suturen, die die Knochen voneinander trennen, beginnt im zweiten Lebensjahrzehnt und ist normalerweise im fünften Lebensjahrzehnt abgeschlossen.

Der Kopf besitzt drei echte Gelenke (Diarthrosen). Das größte ist die Articulatio temporomandibularis (Kiefergelenk) zwischen Unterkiefer (Mandibula) und Schläfenbein (Os temporale). Die beiden anderen echten Gelenke befinden sich zwischen Hammer (Malleus), Amboss (Incus) und Steigbügel (Stapes), den drei Gehörknöchelchen des Mittelohrs.

Halswirbel

Die sieben Halswirbel bilden das knöcherne Gerüst des Halses. Halswirbel (Abb. 8.8A) sind gekennzeichnet durch

- kleine Wirbelkörper
- einen gespaltenen Processus spinosus
- eine Öffnung im Processus transversus **(Foramen transversarium)**.

In ihrer Gesamtheit bilden die Foramina transversaria beidseits der Halswirbelsäule einen Kanal für Blutgefäße (Arteria vertebralis und Venae vertebrales), die von der Halsbasis zur Schädelhöhle ziehen.

Der typische Processus transversus eines Halswirbels besitzt ein **Tuberculum anterius** und ein **Tuberculum posterius**, die der Befestigung von Muskeln dienen. Das Tuberculum anterius geht aus der gleichen embryonalen Struktur hervor, aus der im thorakalen Abschnitt die Rippen entstehen. Gelegentlich entstehen aus diesen Elementen Halsrippen, insbesondere am 7. Halswirbel.

Die beiden kranialen Halswirbel (C1 und C2) sind aufgrund ihrer Funktion bei den Kopfbewegungen anders aufgebaut (Abb. 8.8B bis E; siehe auch Kapitel 2).

Os hyoideum

Das Zungenbein (Os hyoideum) ist ein kleiner U-förmiger Knochen (Abb. 8.9A), der in der Horizontalebene unmittelbar über dem Kehlkopf liegt. Es ist von ventral und lateral tastbar und gut verschieblich.

- Das **Corpus ossis hyoidei** liegt ventral und bildet die Basis des U.
- Die beiden Fortsätze (oder Hörner) des U **(Cornua majora)** beginnen an den lateralen Enden des Corpus und sind nach dorsal gerichtet.

Das Os hyoideum ist mit keinem weiteren Teil des Skeletts von Kopf und Hals direkt gelenkig verbunden. (Es fehlt daher meist an Demonstrationsskeletten).

Das Os hyoideum ist ein äußerst beweglicher und stabiler knöcherner Anheftungsort für zahlreiche Muskeln und Bindegewebsstrukturen von Kopf und Hals. Seine Lage unmittelbar an der Grenze zwischen drei beweglichen Räumen ist von Bedeutung (Abb. 8.9B):

- Kranial ist es am Mundboden befestigt.
- Kaudal ist es am Larynx befestigt.
- Dorsal ist es am Pharynx befestigt.

782
783

Weicher Gaumen

Der weiche Gaumen (Palatum molle) ist eine klappenartige Struktur, die am hinteren Anteil des harten Gaumens (Palatum durum) aufgehängt ist (Abb. 8.10A) und deren dorsaler Rand frei beweglich ist. Der weiche Gaumen kann durch zwei kranial befestige Muskeln angehoben und durch zwei kaudal befestigte Muskeln gesenkt werden (Abb. 8.10B).

Der weiche Gaumen und die mit ihm assoziierten Strukturen sind im geöffneten Mund sichtbar.

Muskulatur

Die Skelettmuskulatur von Kopf und Hals wird anhand ihrer Funktion, Innervation und der embryonalen Abstammung verschiedenen Gruppen zugeordnet.

Im Kopf

Muskelgruppen des Kopfes sind:

- äußere Augenmuskeln (zur Bewegung des Augapfels sowie zum Anheben des oberen Augenlids)
- Muskeln des Mittelohrs (beeinflussen die Bewegung der Gehörknöchelchen)
- mimische Gesichtsmuskulatur (bewegt Teile des Gesichts)
- Kaumuskeln (bewegen den Kiefer – Articulatio temporomandibularis)
- Muskulatur des weichen Gaumens (hebt und senkt den weichen Gaumen)
- Zungenmuskulatur (bewegt die Zunge und verändert deren Form).

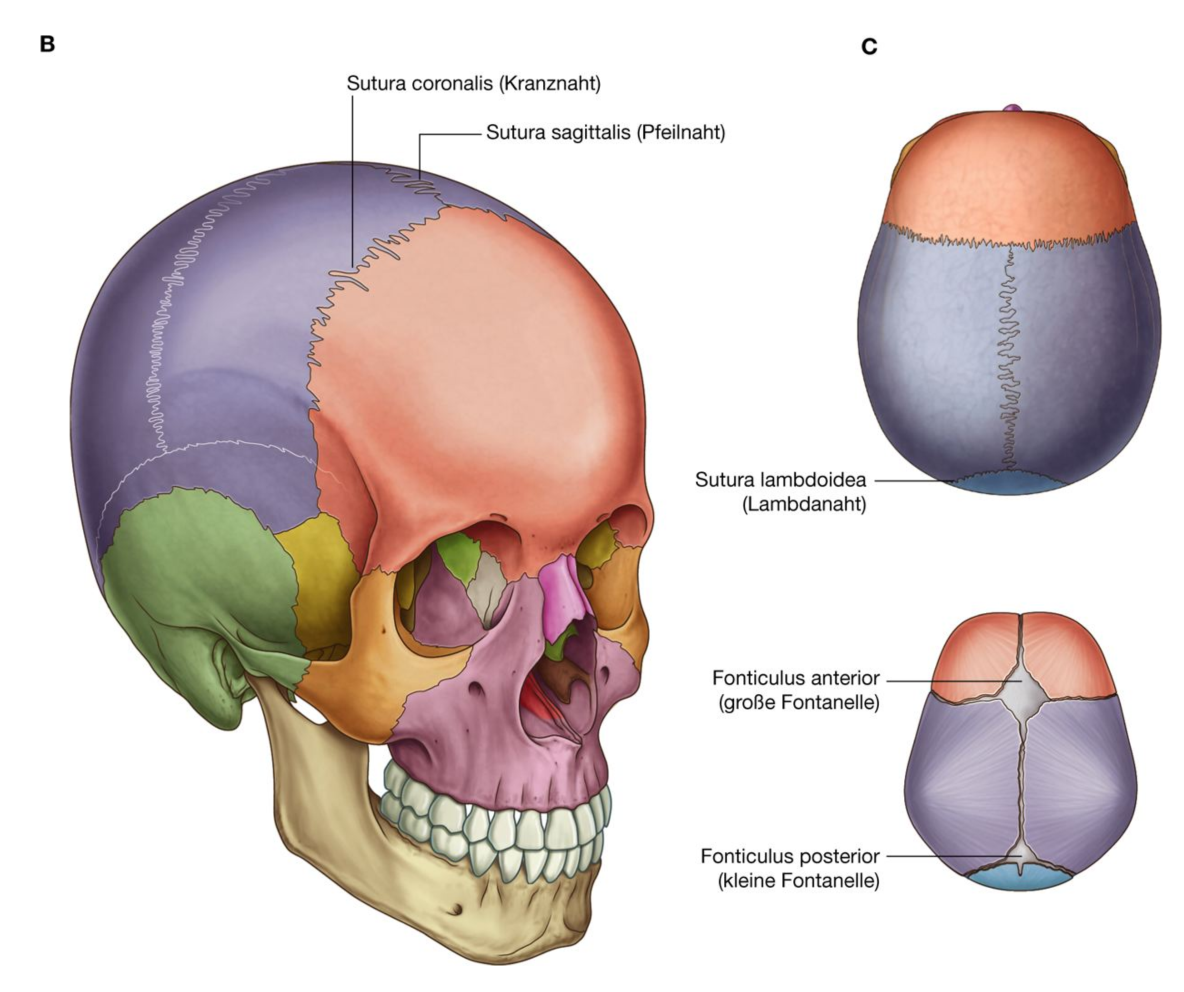
Abb. 8.7



Schädel. **A**. Knochen.

783





(Fortsetzung) **B**. Suturen. **C**. Fontanellen.

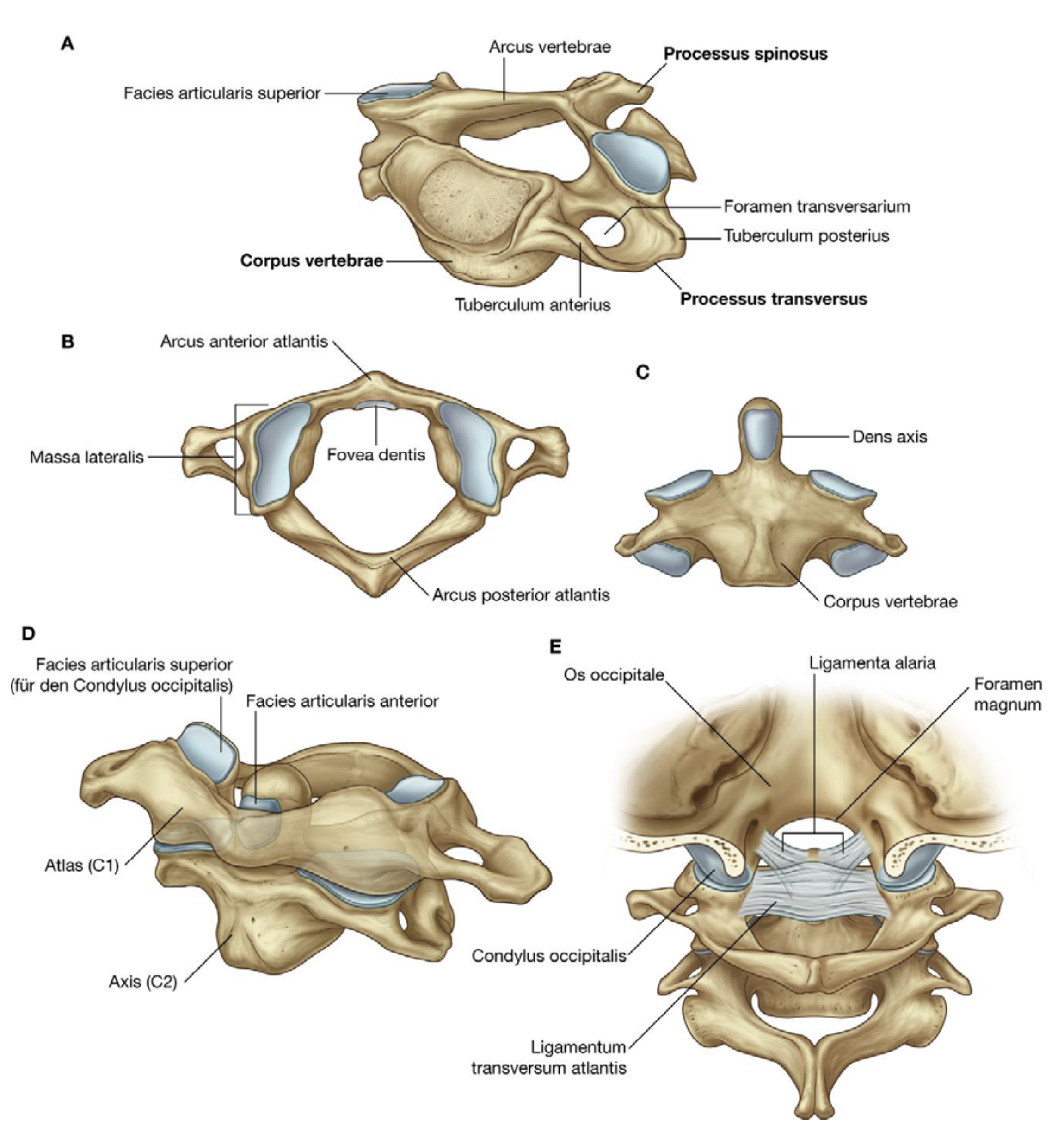
Im Hals

Die wichtigen Muskelgruppen des Halses sind:

- Pharynxmuskulatur (verengt den Pharynx und hebt ihn an)
- Kehlkopfmuskulatur (verstellt die Weite des Luftwegs)
- suprahyale und infrahyale Muskeln (positionieren Larynx und Os hyoideum im Hals und sind an der Mundöffnung beteiligt)
- oberflächliche Halsmuskeln (bewegen Kopf und obere Extremität)
- tiefe Halsmuskeln (positionieren Hals und Kopf).

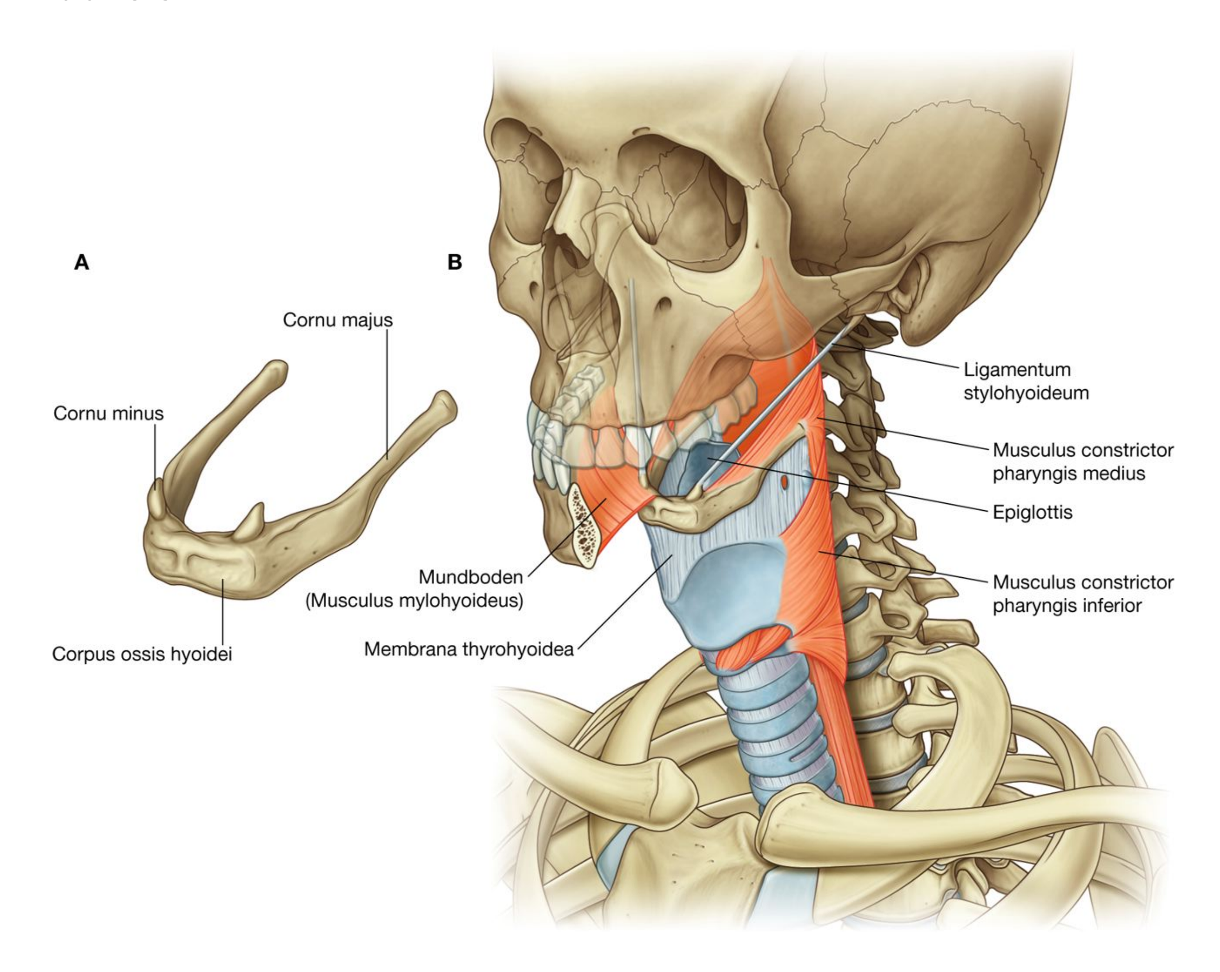
784

Abb. 8.8



Halswirbel. **A**. Typische Merkmale. **B**. Atlas – Vertebra C1 (Ansicht von oben). **C**. Axis – Vertebra C2 (Ansicht von oben). **D**. Atlas und Axis (von anterolateral). **E**. Articulatio atlantooccipitalis (von dorsal).

Abb. 8.9



Os hyoideum. **A**. Knochen. **B**. Befestigungen.

BEZIEHUNGEN ZU ANDEREN REGIONEN

Thorax

Die **Apertura thoracis superior (obere Thoraxapertur)** öffnet sich direkt in die Halsbasis (Abb. 8.11). Vom Kopf zum Thorax verlaufende Strukturen ziehen durch die Apertura thoracis superior und den Eingeweideraum des Halses. Im Bereich der Halsbasis liegt die Trachea unmittelbar vor dem Oesophagus, der seinerseits direkt an die Wirbelsäule grenzt. Vor und seitlich der Trachea verlaufen wichtige Venen, Arterien und Nerven.

Obere Extremität

An der Halsbasis befindet sich beidseits der Apertura thoracis superior der axilläre Zugang (das Tor zur oberen Extremität; Abb. 8.11):

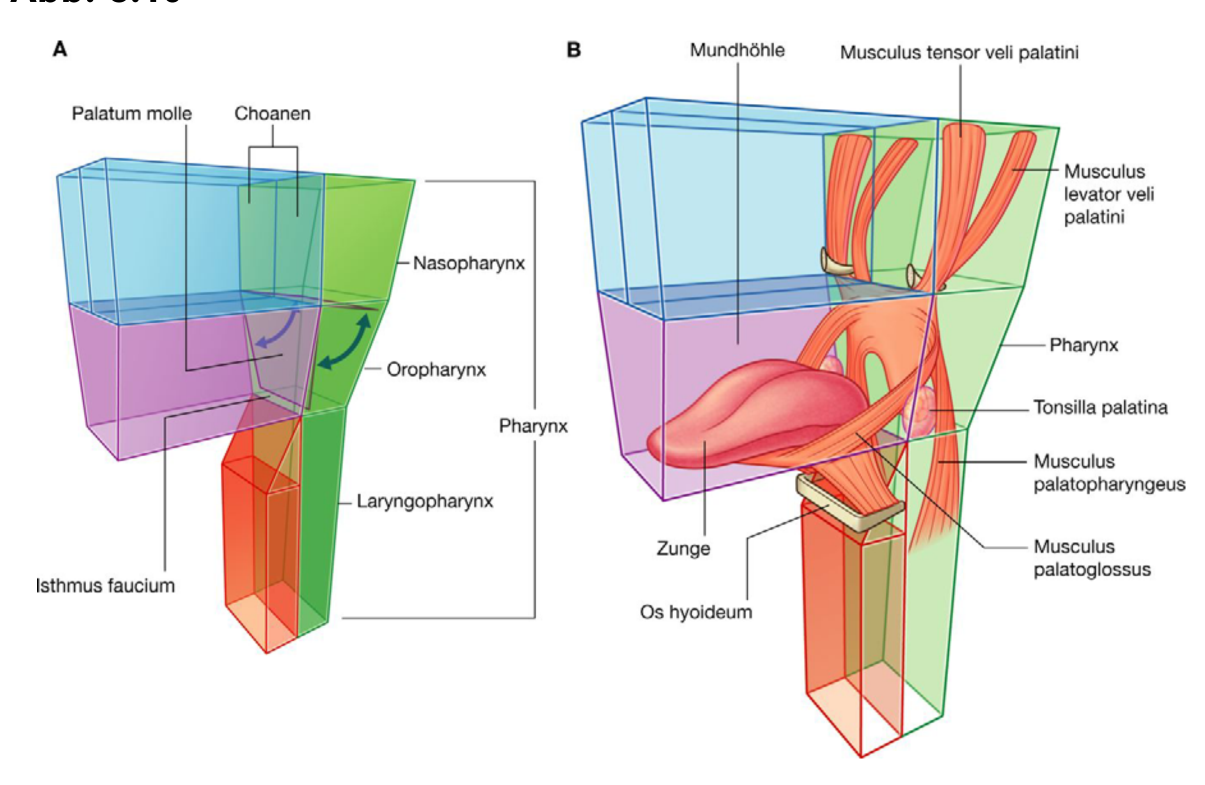
- Strukturen, wie Blutgefäße, die vom Thorax zum axillären Zugang verlaufen, ziehen über die 1. Rippe.

- Der zervikale Anteil des Plexus brachialis zieht vom Hals durch den axillären Zugang zur oberen Extremität.

786

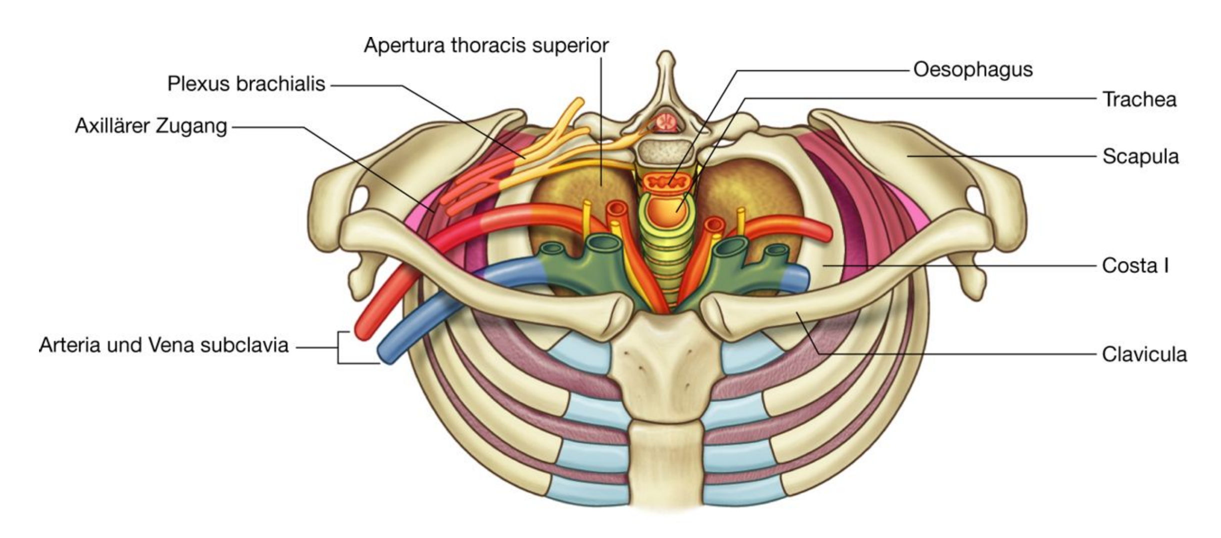
787

Abb. 8.10



Weicher Gaumen. **A**. Lage. **B**. Muskulatur.

Abb. 8.11



Apertura thoracis superior.

787

BESONDERE MERKMALE

Wirbelebenen C3/4 und C5/6

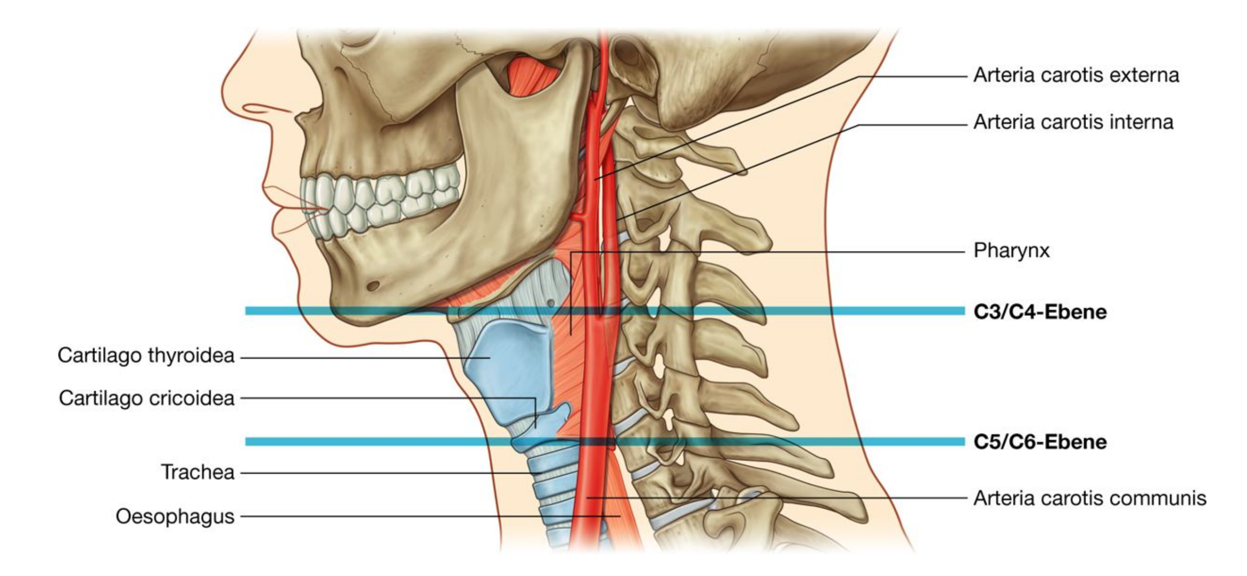
Im Hals sind folgende zwei Wirbelebenen von Bedeutung (Abb. 8.12):

- zwischen C3 und C4, ungefähr am Oberrand des Schildknorpels des Larynx (dieser ist tastbar); hier teilt sich zudem eine der großen paarig angelegten Arterien des Halses (die **Arteria carotis communis**) in Arteria carotis interna und Arteria carotis externa
- zwischen C5 und C6, am unteren Ende von Pharynx und Larynx und am oberen Ende von Trachea und Oesophagus – die Inzisur zwischen Ringknorpel des Larynx und der ersten Knorpelspange der Trachea kann man tasten.

Luftleitende Wege im Hals

Der Larynx (Abb. 8.13) und die Trachea liegen im Hals ventral von den Strukturen des Verdauungstraktes und können bei einer Verlegung des oberen Luftwegs (Rachen oder Kehlkopfeingang) als Zugangsweg im Rahmen einer Koniotomie oder einer Tracheotomie genutzt werden. Bei der notfallmäßig durchgeführten **Koniotomie** wird das zwischen Schildknorpel und Ringknorpel gut tastbare Ligamentum cricothyroideum medianum (conicum) eröffnet, und ein stabiles Röhrchen wird eingesetzt, um den Luftweg offen zu halten. Das Röhrchen führt direkt unterhalb der Stimmfalten in das Kehlkopflumen. Der Eingriff ist für den Patienten gefahrlos, da in der Regel nur kleine Blutgefäße vorkommen. Gelegentlich liegt vor dem Ligamentum cricothyroideum medianum jedoch ein kleiner Schilddrüsenlappen (Lobus pyramidalis), ein Relikt der Schilddrüsenentwicklung. Im Rahmen der Koniotomie können aber auch bleibende Schädigungen im Kehlkopf hervorgerufen werden. Daher führt man eine Koniotomie nur im Notfall durch. In der Klinik behandelt man eine nicht ganz akut auftretende Verlegung des Luftweges mit einer **Tracheotomie**. Diese wird auch durchgeführt, wenn ein Patient über einen längeren Zeitraum beatmet werden muss, um den Kehlkopf zu schonen. Die chirurgisch im Bereich der Trachea durchgeführte Tracheotomie erfolgt durch die vordere Wand der Trachea. Dieser Zugang ist kompliziert, denn in diesem Gebiet liegen große Venen und Teile der Schilddrüse. Man unterscheidet die obere (2. – 4. Trachealknorpel), mittlere (3. – 4. Trachealknorpel – Blutungsgefahr) und untere (6. – 7. Trachealknorpel – die Trachea liegt hier schon weiter dorsal in der Halsbasis, Gefahr der Verletzung einer Vena thyroidea ima; wird meist bei Kleinkindern angewandt) Tracheotomie.

Abb. 8.12



Wichtige Wirbelebenen – C3/C4 und C5/C6.

Hirnnerven

Es gibt zwölf Hirnnerven, die die Schädelhöhle alle durch Löcher (Foramen) oder Spalten (Fissuren) in der Schädelbasis verlassen.

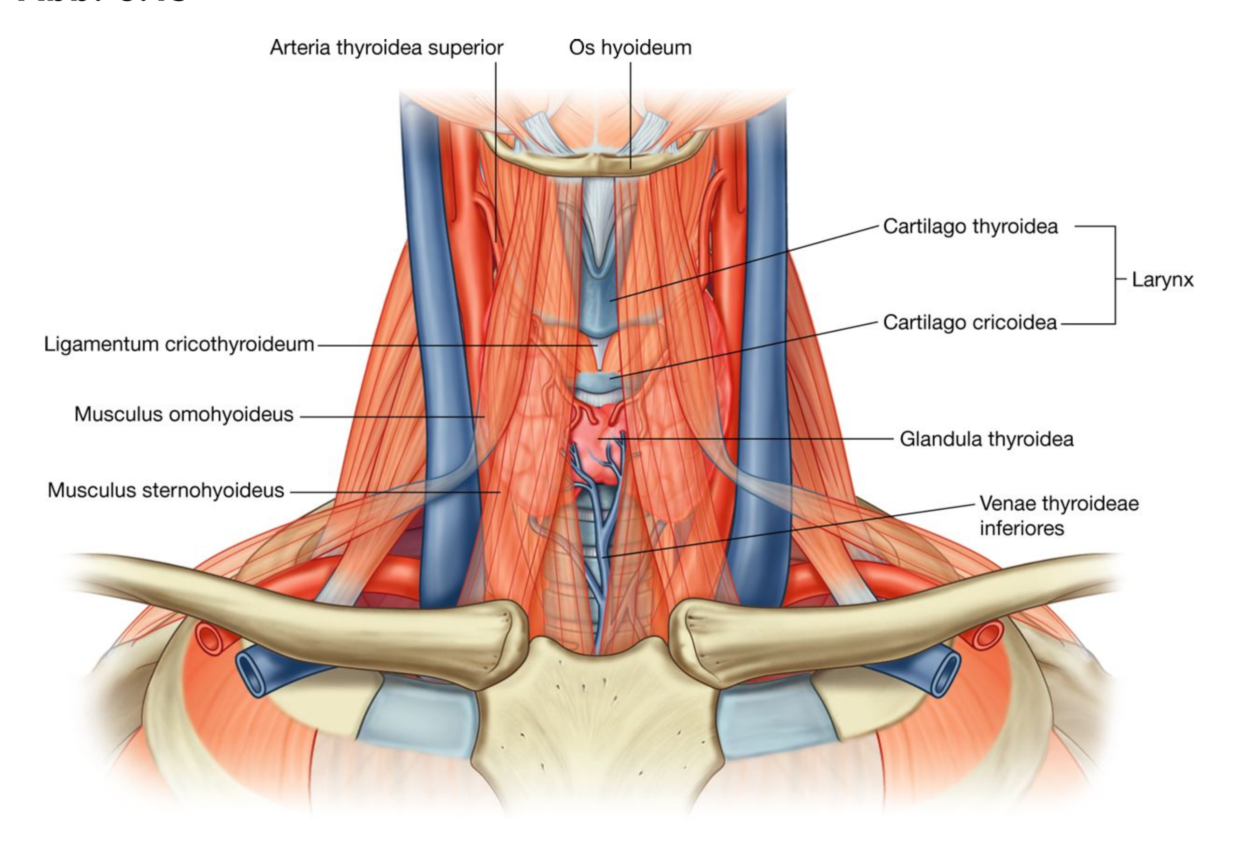
Alle zwölf Hirnnerven innervieren Strukturen im Kopf- und Halsbereich. Der **Nervus vagus [X]** zieht darüber hinaus durch den Hals nach kaudal zum Thorax und zum Abdomen und trägt zur Innervation der Eingeweide bei.

Parasympathische Fasern für den Kopf verlassen das Gehirn über vier Hirnnerven: Nervus oculomotorius [III], Nervus facialis [VII], Nervus glossopharyngeus [IX] und Nervus vagus [X] (Abb. 8.14). Präganglionäre parasympathische Fasern des Nervus oculomotorius [III], des Nervus facialis [VII] und des Nervus glossopharyngeus [IX], die Strukturen des Kopfes innervieren, verlassen die Nerven und schließen sich Ästen des Nervus trigeminus [V] an.

788

789

Abb. 8.13



Larynx und benachbarte Strukturen im Hals.

Der Nervus vagus [X] gibt Äste zum Kopf sowie zu den Halseingeweiden ab und zieht anschließend weiter nach kaudal. Hier führt er parasympathische Fasern zu den Brust- und Baucheingeweiden.

Zervikalnerven

Es gibt acht Zervikalnervenpaare (C1 – C8; Abb. 8.15A):

- C1 – C7 verlassen den Wirbelkanal oberhalb ihres entsprechenden Wirbels.
- C8 tritt zwischen Vertebrae C7 und Th1 aus.

Die Rami anteriores der Spinalnerven C1 bis C4 bilden den **Plexus cervicalis**. Die Hauptäste dieses Nervengeflechts innervieren die infrahyalen Muskeln, das Zwerchfell (Nervus phrenicus), die Haut des vorderen und seitlichen Halses, die Haut der oberen vorderen Thoraxwand und die Haut des Hinterkopfes bis unmittelbar vor den unteren Anteil der Ohrmuschel (Abb. 8.15B).

Die Rami anteriores der Spinalnerven C5 bis C8 bilden zusammen mit einem großen Anteil des Ramus anterior aus Th1 den **Plexus brachialis**, der die obere Extremität innerviert.

Funktionelle Trennung der Speise- und Atemwege

Der Pharynx steht funktionell im Dienst der Luftleitung sowie des Nahrungstransports. Daher kann durch Nase oder Mund geatmet werden und Nahrung (oder sonstiges auf-genommenes Material) über die Mundhöhle entweder in den Oesophagus oder in den Larynxeingang gelangen. *Wichtig:*

- *Die unteren Luftwege sind durch Intubation über die Mundhöhle erreichbar.*
- *Der Verdauungstrakt (Oesophagus) kann mittels einer Ernährungssonde, die über die Nasenhöhle eingebracht wird, erreicht werden.*

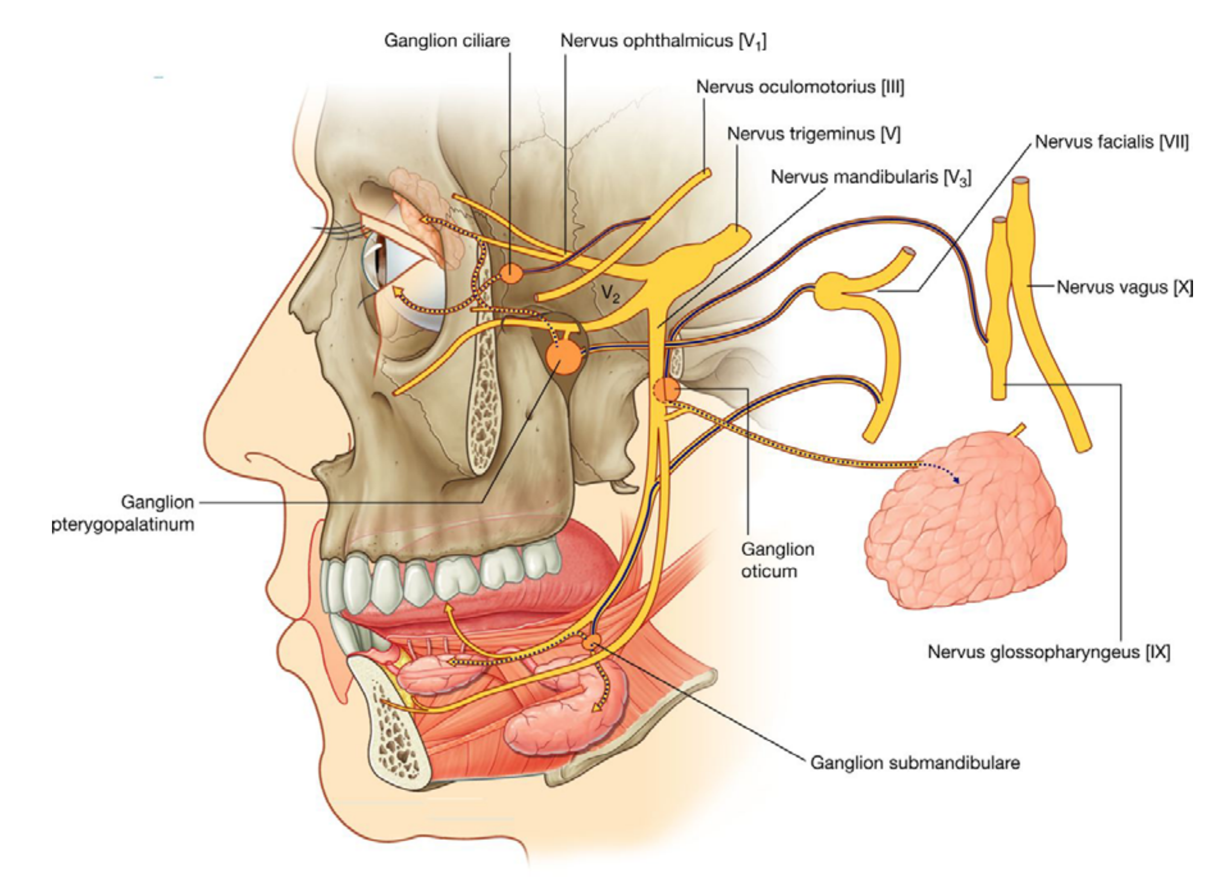
Normalerweise wirken weicher Gaumen, Epiglottis (Kehldeckel) und andere Bindegewebsstrukturen des Larynx als Ventile, um den Eintritt von Nahrung und Flüssigkeit in die unteren Atemwege zu verhindern.

Bei der normalen Atmung ist der Luftweg geöffnet, und Luft strömt ungehindert durch Nasenhöhle (oder Mundhöhle) und Pharynx in den Larynx und von hier in die Trachea (Abb. 8.16A). Das Lumen der Speiseröhre ist normalerweise verschlossen, denn anders als die Atemwege besitzt sie kein Stützskelett, das sie offen hält, sondern Sphinkteren, die sie verschließen und nur bei Bedarf geöffnet werden.

789

790

Abb. 8.14



Hirnnerven und parasympathische Innervation.

Befindet sich Flüssigkeit oder Nahrung in der Mundhöhle, wird der weiche Gaumen durch Muskeln nach vorn unten gezogen, um den Isthmus faucium zu verschließen. Dadurch kann gleichzeitig geatmet und die Flüssigkeit oder Speise in der Mundhöhle bearbeitet werden (Abb. 8.16B).

Beim Schlucken fungieren weicher Gaumen und Teile des Larynx als Leitstrukturen, um einen regelrechten Transport der Flüssigkeit oder Nahrung von der Mundhöhle in den Oesophagus zu gewährleisten (Abb. 8.16C).

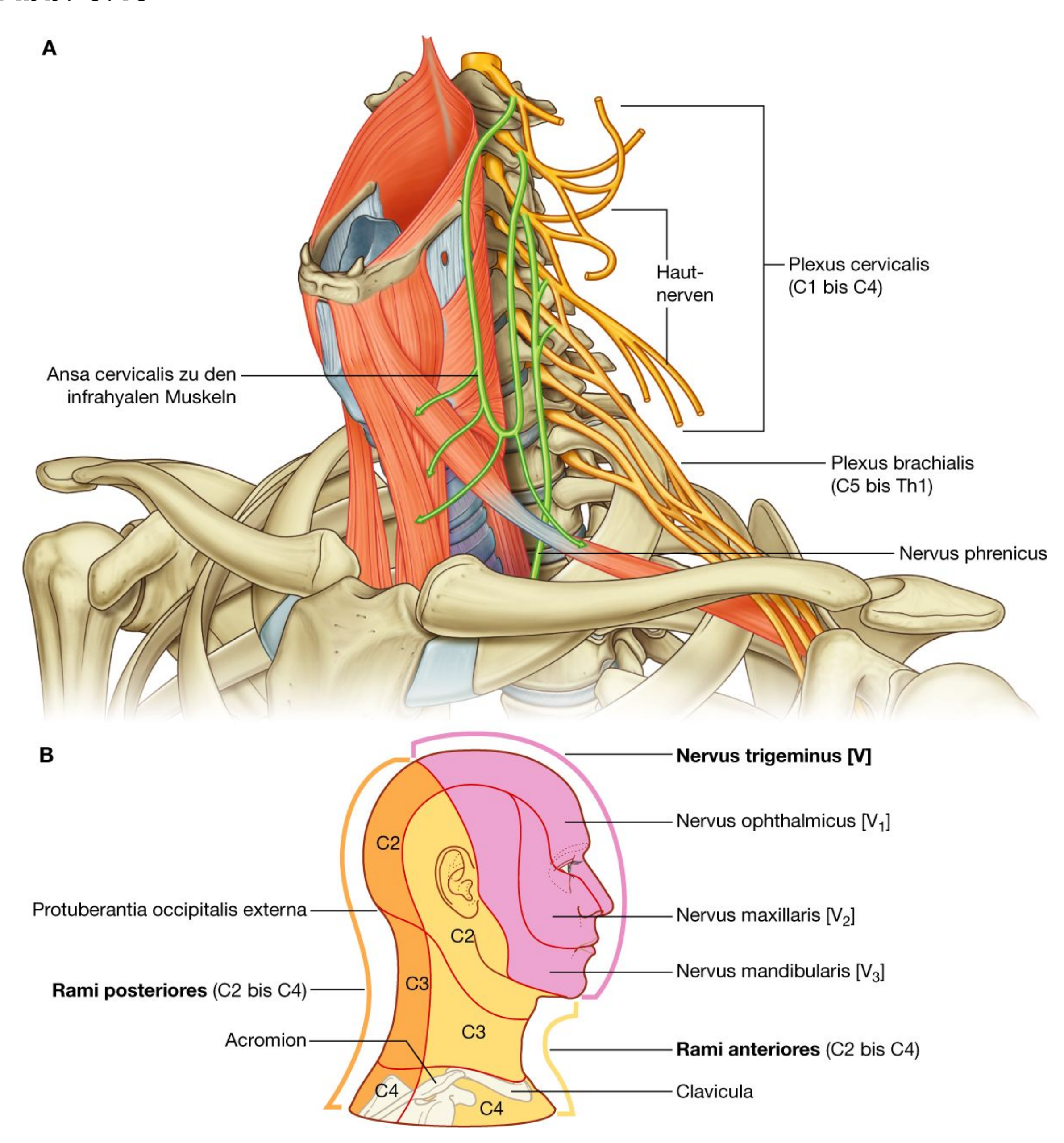
Der weiche Gaumen wird durch Muskeln nach hinten oben gezogen und legt sich dabei dem oberen Schlundschnürer des Pharynx an, der ebenfalls kontrahiert und den Passavant-Ringwulst bildet. Dadurch, dass sich der weiche Gaumen den Pharynxwänden anlegt, werden Nasopharynx und Oropharynx voneinander getrennt (Nasenatmung ist in diesem Moment nicht mehr möglich). Die Trennung verhindert, dass Nahrung und Flüssigkeit nach oben in den Nasopharynx und in die Nasenhöhle gelangen. Durch die Bewegung des weichen Gaumens wird gleichzeitig der Isthmus faucium geöffnet.

Die Epiglottis des Larynx verschließt den Aditus laryngis (Eingang in den Larynx). Ein Großteil der Cavitas laryngis (Kehlkopfbinnenraum) wird durch die sich gegenüberstehenden Stimmfalten (Plicae vocales) und die oberhalb von ihnen gelegenen Bindegewebsstrukturen verschlossen. Außerdem wird der Larynx durch die suprahyale Muskulatur nach oben und vorn gezogen, um das Vorbeigleiten von Nahrung und Flüssigkeiten über und um die verschlossene Larynxhinterseite in den Oesophagus zu erleichtern.

Bei Neugeborenen steht der Larynx höher, die Epiglottis reicht bis in den Nasopharynx und liegt dem weichen Gaumen teilweise von oben auf (Abb. 8.16D). Dadurch können Neugeborene gleichzeitig atmen und trinken, ohne sich zu verschlucken. Die Flüssigkeit läuft am Larynx vorbei, ohne dass die Gefahr besteht, dass diese in die Luftwege gelangt. Im Laufe des zweiten Lebensjahres steigt der Larynx im Rahmen des Wachstums zu einer tieferen, für den Erwachsenen typischen Position im Hals ab.

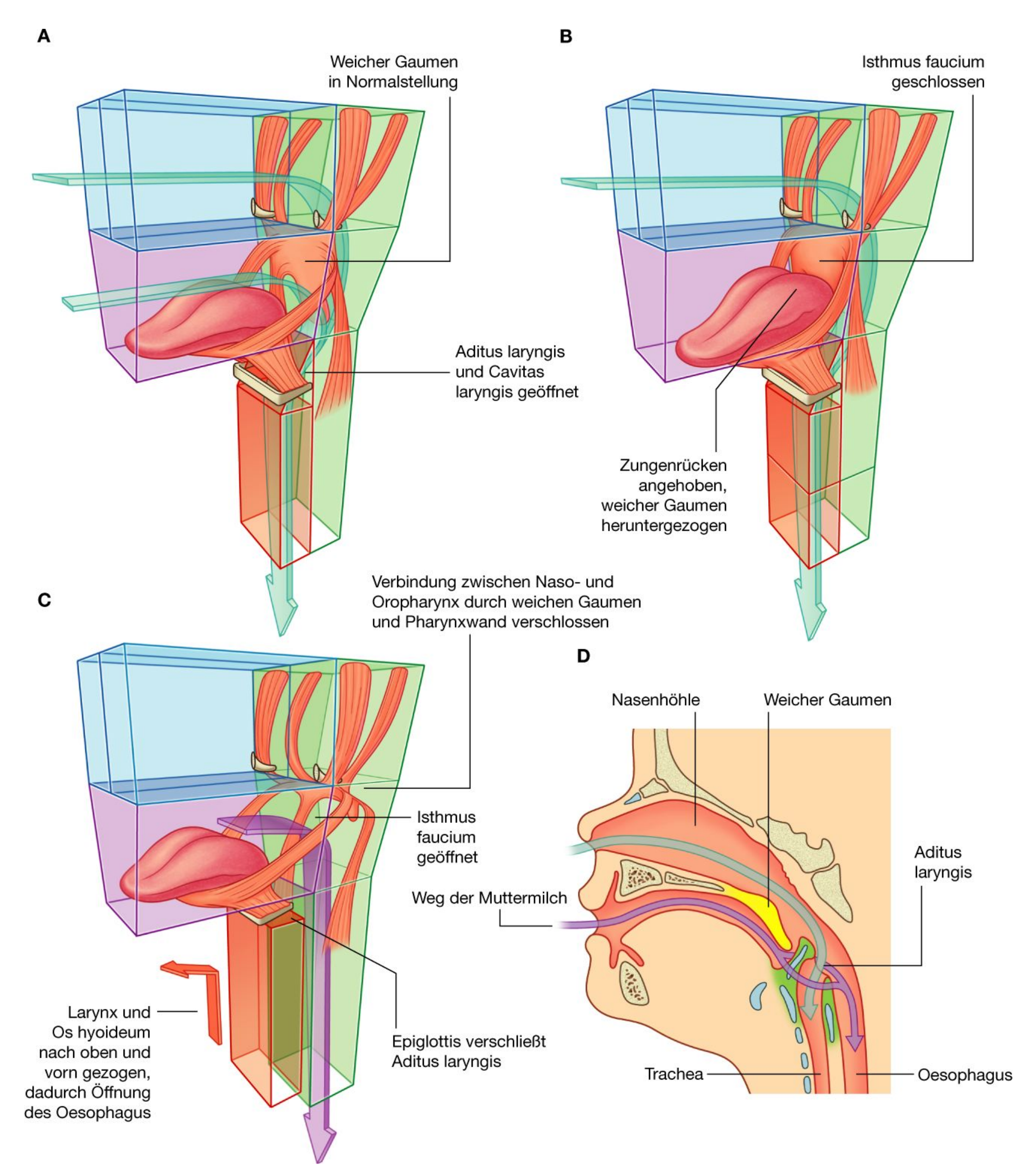
790

Abb. 8.15



Zervikalnerven. **A**. Anordnung. **B**. Dermatome.

Abb. 8.16



Larynx, weicher Gaumen, Epiglottis und Isthmus faucium. **A**. Normale Atmung. **B**. Atmung bei durch Speisen oder Flüssigkeit gefüllter Mundhöhle. **C**. Schluckakt. **D**. Beim Neugeborenen.

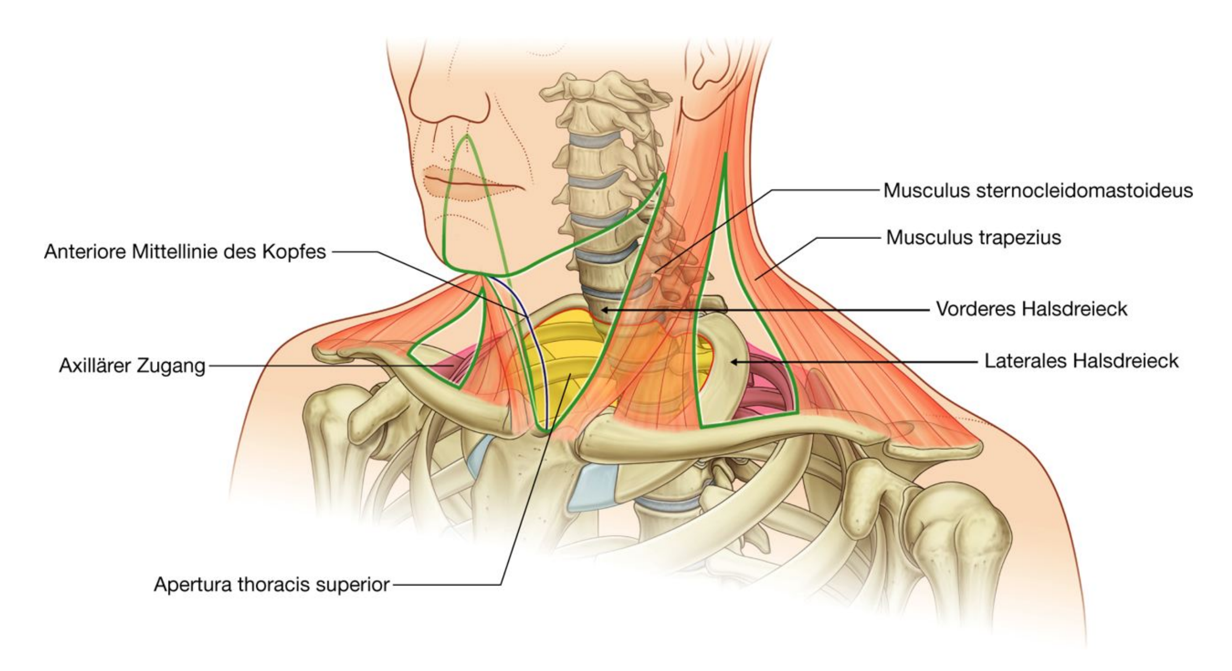
Halsdreiecke

Die beiden Muskeln, die Teil der äußeren Halswand sind, unterteilen den Hals beidseits in ein vorderes und ein seitliches (laterales) Halsdreieck (Abb. 8.17).

Die Grenzen des vorderen Halsdreiecks sind:

- vertikale Mittellinie des Halses
- Unterrand der Mandibula
- Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus.

Abb. 8.17



Vorderes und laterales Halsdreieck.

Das seitliche Halsdreieck wird begrenzt durch:

- mittleres Drittel der Clavicula
- Vorderrand des Musculus trapezius
- Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus.

Wichtige Strukturen, die vom Kopf zum Thorax ziehen, können durch das vordere Halsdreieck (Trigonum cervicale anterius) erreicht werden.

Das laterale Halsdreieck (Trigonum cervicale laterale) liegt teilweise über dem axillären Zugang. In der Tiefe des Dreiecks verlaufen Strukturen (Nerven und Gefäße), die zur oberen Extremität ziehen.

793

794

Topographie

SCHÄDEL

Der Schädel besteht aus 22 Knochen sowie den Gehörknöchelchen. Abgesehen von der Mandibula, die das Skelett des Unterkiefers bildet, sind alle Schädelknochen untereinander durch Suturen verbunden, unbeweglich und bilden somit den **Schädelknochen**.

Der knöcherne Schädel wird unterteilt in:

- einen oberen, hinteren Teil, der die Schädelhöhle mit dem Gehirn umgibt: **Hirnschädel (Neurocranium);** hierzu gehören die Calvaria (Calva) – das größtenteils aus Os frontale, Os parietale und Os occipitale bestehende Schädeldach (Hirnschale, Kalotte) – und die Schädelbasis (Basis cranii);
- einen vorderen, unteren Teil: **Gesichtsschädel (Viscerocranium);** hierzu gehören die Augenhöhlen, die Nasenhöhlen einschließlich der Nasennebenhöhlen und die Mundhöhle.

Die Knochen des Neurocraniums sind die paarig angelegten Ossa temporale und parietale sowie die unpaaren Ossa frontale, sphenoidale, ethmoidale und occipitale.

Das Viscerocranium besteht aus den paarigen Ossa nasale, palatinum, lacrimale, zygomaticum, der Maxilla sowie der Concha nasalis inferior und dem unpaaren Vomer.

Die Mandibula wird nicht als Teil des Schädels oder des Viscerocraniums betrachtet.

Vorderansicht

Die Vorderansicht des Schädels zeigt oben die **Stirn**, darunter die Augenhöhlen, die **Regio nasalis**, den Gesichtsteil zwischen Orbita und Oberkiefer, den Oberkiefer und den Unterkiefer (Abb. 8.18).

Os frontale

Die Stirn wird vom **Os frontale** (Stirnbein) gebildet, das außerdem den Oberrand der Orbita formt (Abb. 8.18).

Unmittelbar oberhalb des Orbitarandes befindet sich beidseits der meist prominente **Arcus superciliaris**. Er ist bei Männern stärker ausgeprägt als bei Frauen. Zwischen den beiden Arcus liegt eine kleine abgeflachte Stelle, die **Glabella**.

Im medialen Anteil des Oberrandes der Orbita erkennt man deutlich das **Foramen supraorbitale**, das nicht immer als Foramen, sondern auch als Einkerbung **(Incisura supraorbitalis)** angelegt sein kann (Tab. 8.1).

Tab. 8.1 Von außen sichtbare Foramina des Schädels

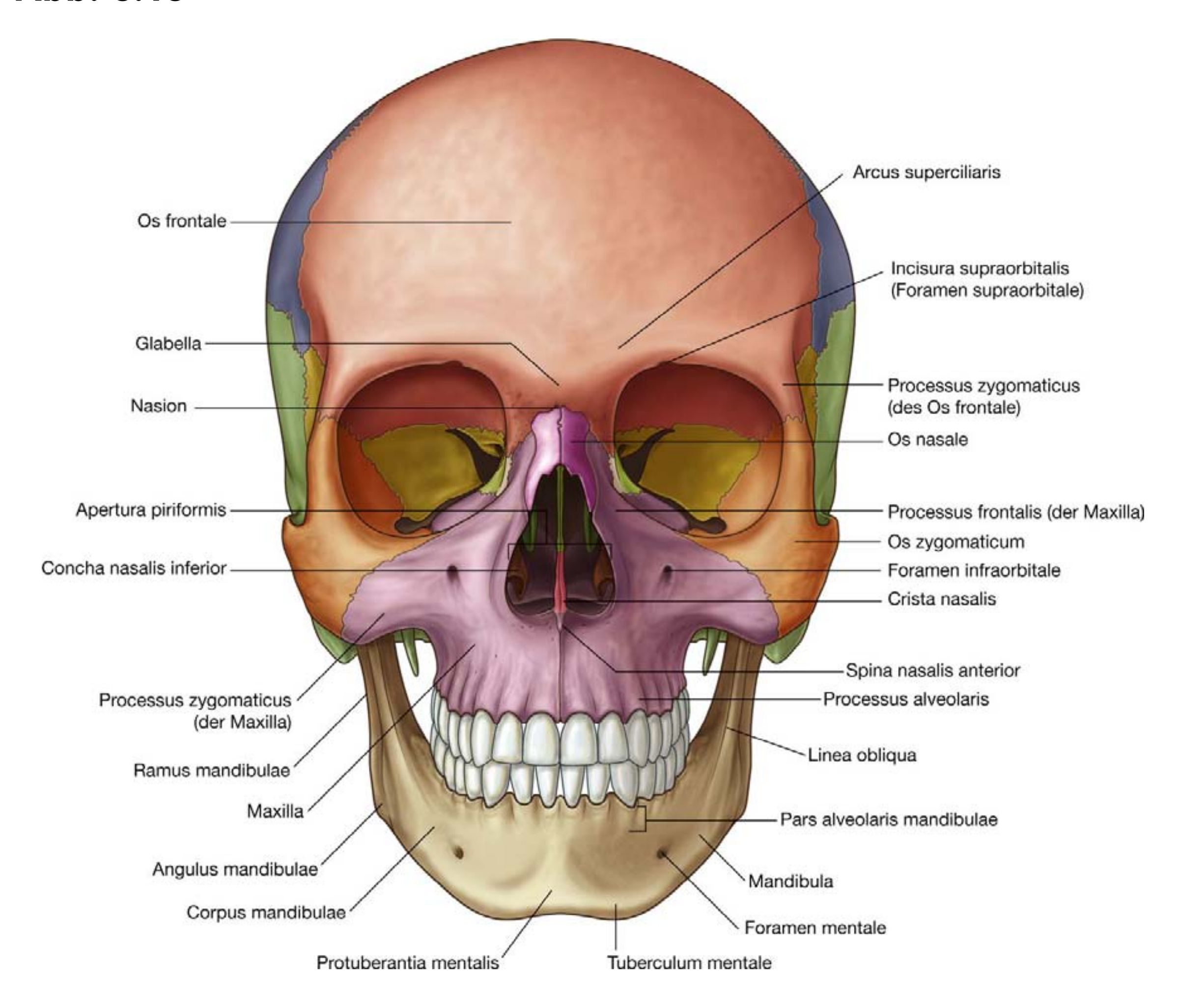
Foramen	Hindurchtretende Strukturen
Vorderansicht	
Foramen supraorbitale	Nervus supraorbitalis und gleichnamige Gefäße
Foramen infraorbitale	Nervus infraorbitalis und gleichnamige Gefäße
Foramen mentale	Nervus mentalis und Gefäße
Seitenansicht	
Foramenzygomatico-faciale	Nervus zygomaticofacialis
Ansicht von oben	
Foramen parietale	Venae emissariae
Ansicht von unten	
Foramen incisivum	Nervus nasopalatinus; Arteria und Vena sphenopalatina
Foramen palatinum majus	Nervus palatinus major und gleichnamige Gefäße
Foramina palatina minora	Nervi palatini minores und gleichnamige Gefäße
Canalis pterygoideus	Nervus pterygoideus und Gefäße
Foramen ovale	Nervus mandibularis [V_3]
Foramen spinosum	Arteria meningea media
Foramen lacerum	Mit Knorpel und Bindegewebe ausgefüllt
Canalis caroticus	Arteria carotis interna und Nervengeflecht
Foramen magnum	Übergang von Gehirn in das Rückenmark; Arteriae vertebrales und Nervengeflecht; Arteria spinalis anterior; Arteriae spinales posteriores; Wurzeln des Nervus accessorius [XI]; Meningen
Canalis condylaris	Venae emissariae
Canalis nervi hypoglossi	Nervus hypoglossus [XII] und Gefäße
Foramen jugulare	Vena jugularis interna; Sinus petrosus inferior
Foramen stylomastoideum	Nervus facialis [VII]

794

795

Im Bereich des medialen Augenwinkels ragt ein Teil des Os frontale nach kaudal und bildet einen Teil des medialen Orbitarandes.

Abb. 8.18



Vorderansicht des Schädels.

Lateral ragt der **Processus zygomaticus** des Os frontale nach kaudal und bildet den oberen lateralen Orbitarand. Dieser Fortsatz steht mit dem **Processus frontalis** des Os zygomaticum in Kontakt.

Os zygomaticum und Os nasale

Der größte Anteil des lateralen Orbitarandes sowie die laterale Hälfte des unteren Orbitarandes werden vom **Os zygomaticum** (Jochbein) gebildet.

Die beiden Ossa nasalia (Nasenbeine) stehen in der Mittellinie miteinander in Kontakt. Der Mittelpunkt der **Sutura frontonasalis**, der an der Grenze zwischen Ossa nasalia und Os frontale liegt, wird als **Nasion** bezeichnet.

Lateral steht jedes Os nasale mit dem **Processus frontalis** der Maxilla in Verbindung.

Kaudal des Os nasale öffnet sich die **Apertura piriformis**. Es handelt sich um eine große Öffnung in der Regio nasalis, die die vordere Öffnung der Nasenhöhle bildet. Die Apertura piriformis wird oben durch die Ossa nasalia sowie lateral und unten von der Maxilla begrenzt.

Beim Blick durch die Apertura piriformis in die Nasenhöhle sieht man die **Crista nasalis**, die den unteren Teil des knöchernen **Nasenseptums** bildet und vorn als **Spina nasalis anterior** endet. Zudem sieht man beidseits die **Concha nasalis inferior** (untere Nasenmuschel).

795

796

Maxilla

Die paarig angelegte Maxilla (Oberkiefer) verläuft zwischen Orbita und Mundhöhle und trägt die Oberkieferzähne.

Oben beteiligt sich die Maxilla an der Bildung des unteren und medialen Orbitarandes.

Lateral steht die Maxilla mit dem **Processus zygomaticus** des Os zygomaticum in Verbindung; medial kommuniziert der Processus frontalis der Maxilla mit dem Os frontale.

Der untere Anteil jeder Maxilla, der lateral von der Apertura piriformis liegt, ist das **Corpus maxillae**.

Auf der Facies anterior des Corpus maxillae befindet sich unmittelbar unterhalb des unteren Orbitarandes das **Foramen infraorbitale** (Tab. 8.1).

Kaudal endet jede Maxilla mit dem **Processus alveolaris**, der die Zähne trägt und den Oberkiefer bildet.

Mandibula

Der Unterkiefer (Mandibula) ist die am weitesten kaudal liegende Struktur in der Vorderansicht des Schädels. Er besteht vorn aus dem **Corpus mandibulae** und dorsal aus dem **Ramus mandibulae**. Beide Anteile vereinigen sich am **Angulus mandibulae**. Sämtliche Abschnitte der Mandibula sind teilweise in der Vorderansicht sichtbar.

Das Corpus mandibulae wird in zwei Bereiche unterteilt:

- Unterer Anteil ist die **Basis mandibulae**.
- Oberer Anteil ist die **Pars alveolaris mandibulae**.

Die Pars alveolaris mandibulae trägt die Unterkieferzähne. Die Basis mandibulae besitzt an der Vereinigungsstelle der zunächst paarig angelegten Mandibula einen Vorsprung **(Protuberantia mentalis)**. Die Protuberantia mentalis liegt genau in der Mittellinie. Etwas lateral davon ist der Knochen verstärkt **(Tuberculum mentale)**.

Lateral erkennt man das **Foramen mentale** (Tab. 8.1) zwischen Oberrand der Pars alveolaris mandibulae und Unterrand der Basis mandibulae. Dem Foramen schließt sich dorsal eine schräg verlaufende Knochenleiste **(Linea obliqua)** an, die vom Ramus zum Corpus mandibulae aufsteigt. Die Linea obliqua dient der Befestigung von Muskeln, die die Unterlippe nach kaudal ziehen können.

Seitenansicht

Die Seitenansicht des Schädels zeigt dessen Seitenwand, die aus lateralen Anteilen der Calvaria, des Gesichtsschädels und der Hälfte des Unterkiefers besteht (Abb. 8.19):

- Der laterale Anteil der Calvaria wird durch Os frontale, Os parietale, Os occipitale, Os sphenoidale und Os temporale gebildet.
- Den sichtbaren Teil des Gesichtsschädels bilden Os nasale, Maxilla und Os zygomaticum.
- Die Mandibula stellt den sichtbaren Teil des Unterkiefers dar.

Lateraler Teil der Calvaria

Der laterale Anteil des Schädeldachs beginnt rostral am Os frontale. Im oberen Bereich ist das Os frontale über die **Sutura coronalis** mit dem Os parietale verbunden. Das Os parietale steht wiederum über die **Sutura lambdoidea** mit dem Os occipitale in Kontakt.

Im lateralen Abschnitt der Calvaria steht das Os frontale kaudal mit der **Ala major** des Os sphenoidale (Abb. 8.19) in Kontakt, das seinerseits über die **Sutura sphenoparietalis** mit dem Os parietale sowie über die **Sutura sphenosquamosa** mit dem Vorderrand des Os temporale in Verbindung steht.

Die Stelle, an der Os frontale, Os parietale, Os sphenoidale und Os temporale in enger Nachbarschaft zueinander stehen, wird als **Pterion** bezeichnet. Die klinischen Folgen eines Schädelbruches sind in diesem Bereich oft sehr schwerwiegend. Der hier besonders dünne Knochen bedeckt eine Gabelung der Arteria meningea media. *Reißt die Arterie bei einer Schädelfraktur in diesem Bereich ein, kommt es zur Epiduralblutung*.

Dorsal besteht im kaudalen Bereich des lateralen Schädels zwischen Os temporale und Os occipitale eine Verbindung über die **Sutura occipitomastoidea**.

Os temporale

Zur Bildung des unteren Anteils der Seitenwand des Schädels trägt in größtem Maße das Os temporale (Schläfenbein) bei (Abb. 8.19), das aus mehreren Anteilen besteht:

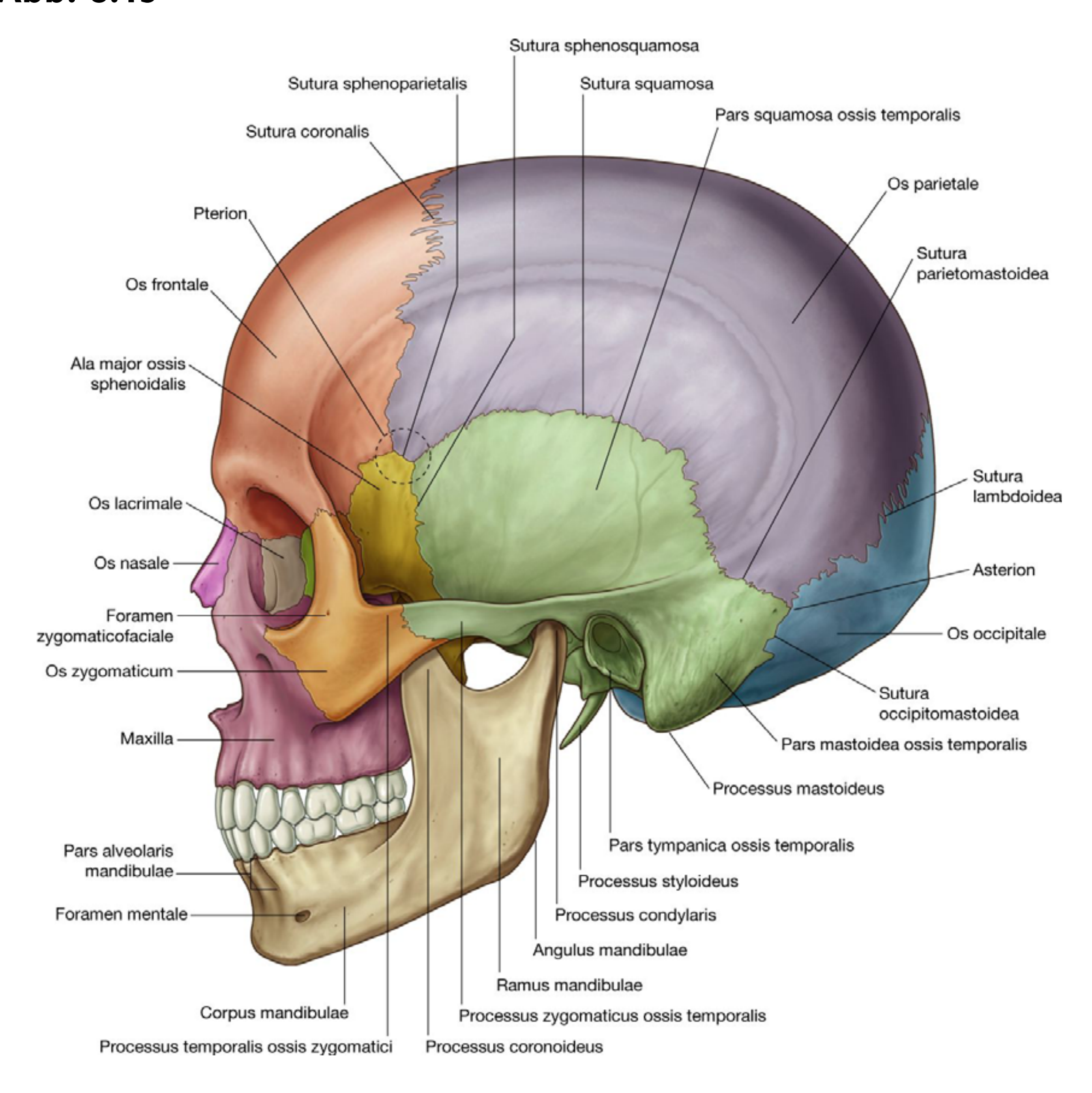
- Die **Pars squamosa** besitzt die Gestalt einer großen flachen Platte, bildet den rostralen und dorsalen Abschnitt des Os temporale, beteiligt sich am Aufbau der seitlichen Schädelwand und steht vorn über die Sutura squamosa mit der Ala major des Os sphenoidale in Verbindung.
- Der **Processus zygomaticus** ist ein vorn gelegener knöcherner Vorsprung im kaudalen Bereich der Oberfläche der Pars squamosa ossis temporalis, der sich lateral vorwölbt und anschließend nach vorn umbiegt, um mit dem Processus temporalis des Os zygomaticum den **Arcus zygomaticus** (überbrückt die Fossa temporalis) zu bilden.

- Unmittelbar unterhalb der Wurzel des Processus zygomaticus liegt an der Pars squamosa des Os temporale die **Pars tympanica** des Os temporale. Deutlich ist auf ihrer Oberfläche der **Porus acusticus externus** zu erkennen, der in den **Meatus acusticus externus** (knöcherner Anteil des äußeren Gehörgangs) führt.
- Die Pars petromastoidea wird aus didaktischen Gründen für gewöhnlich in **Pars petrosa** und **Pars mastoidea** unterteilt.

Die Pars mastoidea ist der am weitesten dorsal gelegene Abschnitt des Os temporale. Sie ist der einzige in der Seitenansicht des Schädels sichtbare Teil der Pars petromastoidea des Os temporale. Die Pars mastoidea geht vorn in die Pars squamosa des Os temporale über und steht kranial über die **Sutura parietomastoidea** mit dem Os parietale sowie dorsal über die Sutura occipitomastoidea mit dem Os occipitale in Verbindung. Die beiden letztgenannten Suturen gehen ineinander über. und gleichermaßen gehen Sutura parietomastoidea und Sutura squamosa ineinander über.

796
797

Abb. 8.19



Seitenansicht des Schädels.

Von der unteren Grenze der Pars mastoidea des Os temporale ragt ein großer Fortsatz nach kaudal **(Processus mastoideus)**. Der Processus mastoideus ist Ansatzpunkt zahlreicher Muskeln.

Medial vom Processus mastoideus befindet sich der **Processus styloideus**, der am Unterrand des Os temporale entspringt.

Sichtbarer Teil des Gesichtsschädels

Die in der Seitenansicht des Schädels erkennbaren Knochen des Viscerocraniums sind das Os nasale, die Maxilla und das Os zygomaticum (Abb. 8.19). Man erkennt:

- eines der kleinen paarig angelegten Ossa nasalia

797

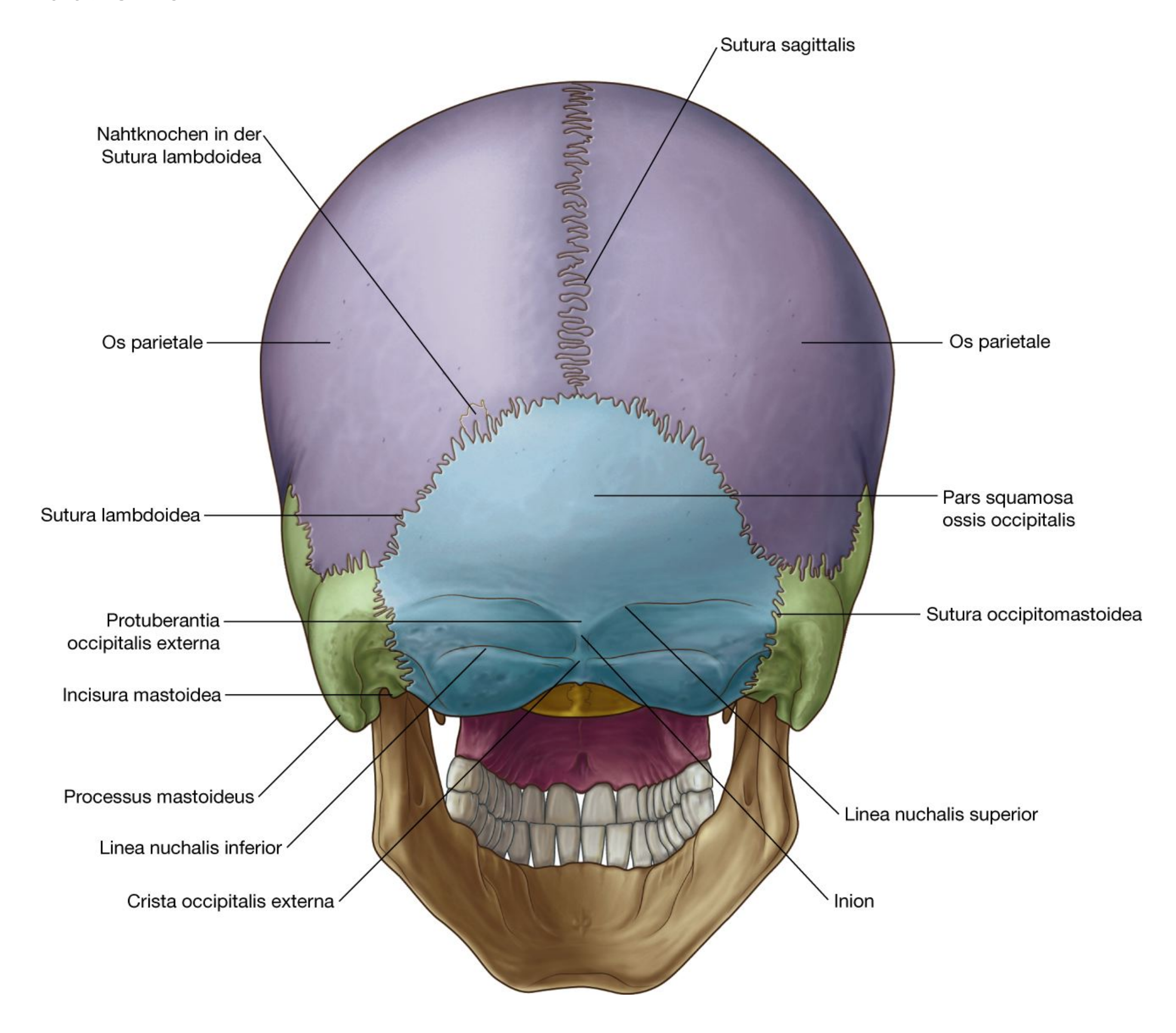
798

- vorn in der Mitte die Maxilla. Unten bildet ihr Processus alveolaris gemeinsam mit den Oberkieferzähnen den Oberkiefer; kranial beteiligt sich die Maxilla an der Bildung der unteren und medialen Wand der Orbita; medial verbindet sich der Processus frontalis der Maxilla mit dem Os frontale; lateral steht ihr Processus zygomaticus mit dem Os zygomaticum in Kontakt.
- Das Os zygomaticum, ein unregelmäßig geformter Knochen mit abgerundeter lateraler Oberfläche, die den Jochbogen bildet und die Wange hervorspringen lässt, ist der zentrale Anteil in dieser Ansicht – medial trägt das Os zygomaticum durch seine Verbindung mit dem Processus zygomaticus maxillae zur Bildung des unteren Orbitarandes bei. Kranial steht der Processus frontalis des Os zygomaticum mit dem Processus zygomaticus des Os frontale in Verbindung und beteiligt sich dadurch am Aufbau des lateralen Orbitarandes; gut zu erkennen ist in dieser Ansicht des Schädels, wie im lateralen Bereich der horizontal verlaufende Processus temporalis des Os zygomaticum nach dorsal ragt, um sich mit dem Processus zygomaticus des Os temporale zum Arcus zygomaticus zu verbinden.

Auf der lateralen Oberfläche des Os zygomaticum findet man in der Regel ein kleines Loch (**Foramen zygomaticofaciale**,Tab. 8.1).

Mandibula

Abb. 8.20



Ansicht des Schädels von hinten.

Zu den knöchernen Strukturen, die in der Seitenansicht des Schädels sichtbar sind, zählt auch die Mandibula. Im unteren vorderen Bereich sind in dieser Ansicht das Corpus mandibulae, der Ramus mandibulae und der Angulus mandibulae sichtbar. Letzterer ist die Verbindungsstelle zwischen Corpus and Ramus mandibulae (Abb. 8.19).

798

799

Die Zähne sitzen in der Pars alveolaris mandibulae des Corpus; die Protuberantia mentalis ist aus dieser Perspektive nicht sichtbar.

Das Foramen mentale befindet sich auf der lateralen Oberfläche des Corpus mandibulae. Auf dem oberen Anteil des Ramus mandibulae ragen der **Processus condylaris** und der **Processus coronoideus** nach kranial.

Der Processus condylaris ist Teil des Kiefergelenks (zwischen Mandibula und Os temporale); der Processus coronoideus ist Ansatzpunkt für den Musculus temporalis (Kaumuskel).

Ansicht von hinten

In der Ansicht von hinten sieht man das Os occipitale (Hinterhauptsbein), das Os parietale (Scheitelbein) und das Os temporale (Schläfenbein).

Os occipitale

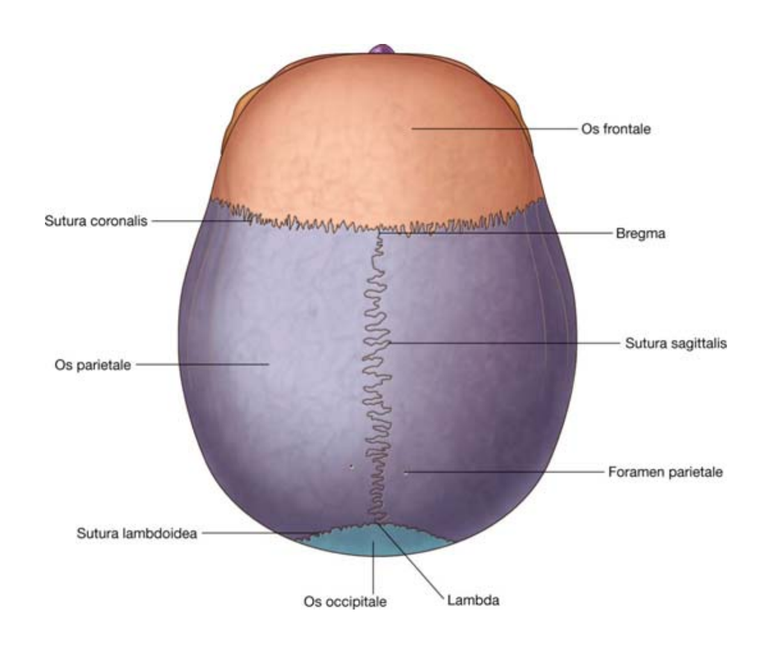
In der Mitte befindet sich in dieser Ansicht des Schädels als größte Struktur (Abb. 8.20) die **Pars squamosa ossis occipitalis**. Sie steht oben über die Sutura occipitomastoidea mit dem paarig angelegten Os parietale in Verbindung. Entlang der Sutura lambdoidea sind häufig kleine knöcherne Inseln (**Ossa suturalia** oder Nahtknochen) eingelagert.

Das Os occipitale besitzt zahlreiche knöcherne Orientierungspunkte. In der Mittellinie liegt ein meist gut tastbarer knöcherner Vorsprung **(Protuberantia occipitalis externa)**, der Ausgangspunkt von bogenförmig nach lateral verlaufenden dünnen knöchernen Leisten **(Lineae nuchales superiores)** ist. Der am stärksten hervorspringende Punkt der Protuberantia occipitalis externa ist das **Inion**. Etwa 2,5 cm unterhalb der Linea nuchalis superior verlaufen zwei weitere dünne Leisten **(Lineae nuchales inferiores)** bogenförmig nach lateral. Von der Protuberantia occipitalis externa aus erstreckt sich die **Crista occipitalis externa** nach kaudal.

Os temporale

In der Ansicht von dorsal erkennt man beiderseits lateral das Os temporale mit dessen Processus mastoideus als prominente Struktur (Abb. 8.20). Am unteren medialen Rand eines jeden Processus mastoideus befindet sich eine Einkerbung **(Incisura mastoidea)**, die als Ansatz des Venter posterior (hinterer Bauch) des Musculus digastricus dient.

Abb. 8.21



Ansicht des Schädels von oben.

Ansicht von oben

In der Ansicht des Schädels von oben sieht man das Os frontale, das Os parietale und das Os occipitale (Abb. 8.21). Die Knochen bilden gemeinsam den oberen Teil der **Calvaria** (Schädelkalotte).

In Richtung von rostral nach dorsal

- stehen das Os frontale und die beiden Ossa parietalia über die Sutura coronalis (Kranznaht) miteinander in Kontakt
- stehen die paarigen Ossa parietalia in der Mittellinie untereinander über die Sutura sagittalis (Pfeilnaht) in Kontakt
- stehen die Ossa parietalia mit dem unpaaren Os occipitale über die Sutura lambdoidea (Lambdanaht) in Verbindung.

Der Ort, an dem Sutura sagittalis und Sutura coronalis aufeinandertreffen, wird als **Bregma** bezeichnet, der Kontaktpunkt zwischen Sutura sagittalis und Sutura lambdoidea als **Lambda**.

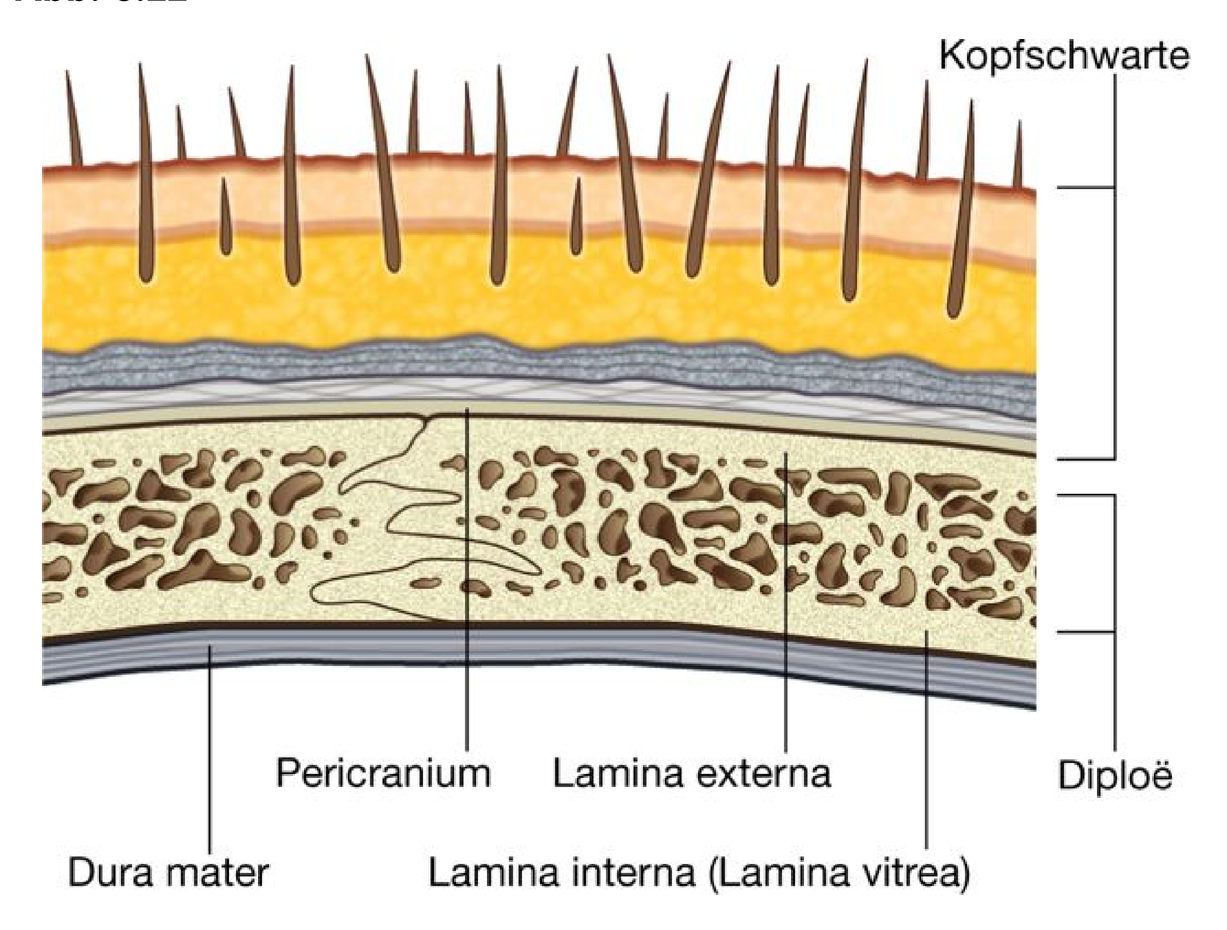
Die einzigen Löcher, die man in dieser Ansicht des Schädels sieht, sind die paarigen Foramina parietalia, die sich jeweils im hinteren Abschnitt des Os parietale unmittelbar lateral der Sutura sagittalis befinden (Abb. 8.21).

Die Schädelknochen, aus denen die Calvaria besteht (Abb. 8.22), besitzen einen besonderen Aufbau. Sie bestehen aus einer soliden äußeren (Lamina externa) und inneren (Lamina interna = vitrea) Kompakta, die durch eine Schicht aus Spongiosa **(Diploë)** getrennt sind.

Ansicht von unten

In der Ansicht von kaudal sieht man die Schädelbasis, die sich vorn bis zu den mittleren Schneidezähnen (Incisivi), hinten bis zu den Lineae nuchales superiores und seitlich bis zum Processus mastoideus und zum Arcus zygomaticus erstreckt (Abb. 8.23).

Abb. 8.22



Calvaria.

Oft wird die Schädelbasis aus didaktischen Gründen unterteilt in:

- einen vorderen Teil, zu dem Zähne und Gaumen gehören
- einen mittleren Teil, der hinter dem harten Gaumen (Palatum durum) beginnt und am Vorderrand des Foramen magnum endet
- einen hinteren Teil, der vom Vorderrand des Foramen magnum bis zu den Lineae nuchales superiores reicht.

Rostraler Teil

Die wichtigsten Strukturen des vorderen Anteils der Schädelbasis sind die Zähne des Oberkiefers und der harte Gaumen.

Die Zähne sind in den **Alveolarbögen** der beiden Maxillae verankert. Die Bögen umgeben als U-förmige Struktur den harten Gaumen von drei Seiten (Abb. 8.23).

Der **harte Gaumen** wird rostral aus den **Processus palatini** der beiden Maxillae und dorsal von den **Laminae horizontales** der **Ossa palatina** gebildet.

Die paarigen Processus palatini der Maxillae stehen in der Mittellinie über die **Sutura palatina mediana** miteinander in Verbindung. Dorsal hat die Maxilla jeweils über die **Sutura palatina transversa** mit dem paarig angelegten Os palatinum Kontakt. Die paarigen Laminae horizontales der Ossa palatina stehen in der Mittellinie über die **Sutura interpalatina**, eine Fortsetzung der Sutura palatina mediana in Verbindung.

Bei genauerer Betrachtung des harten Gaumens sind zahlreiche weitere Strukturen zu erkennen:

- Die **Fossa incisiva** befindet sich vorn in der Mittellinie hinter den Schneidezähnen. Sie setzt sich in die **Foramina incisiva** (die Öffnungen der **Canales incisivi**, die Verbindungskanäle zwischen hartem Gaumen und Nasenhöhle darstellen) fort.
- Die **Foramina palatina majora** liegen beidseits nahe dem posterolateralen Hinterrand des harten Gaumens; sie führen in die **Canales palatini majores**.
- Etwas dorsal der Foramina palatina majora befinden sich die **Foramina palatina minora**, die im **Processus pyramidalis** des Os palatinum liegen und zu den **Canales palatini minores** führen.
- Ein spitzer Fortsatz **(Spina nasalis posterior)** bildet in der Mittellinie den freien hinteren Rand des harten Gaumens.

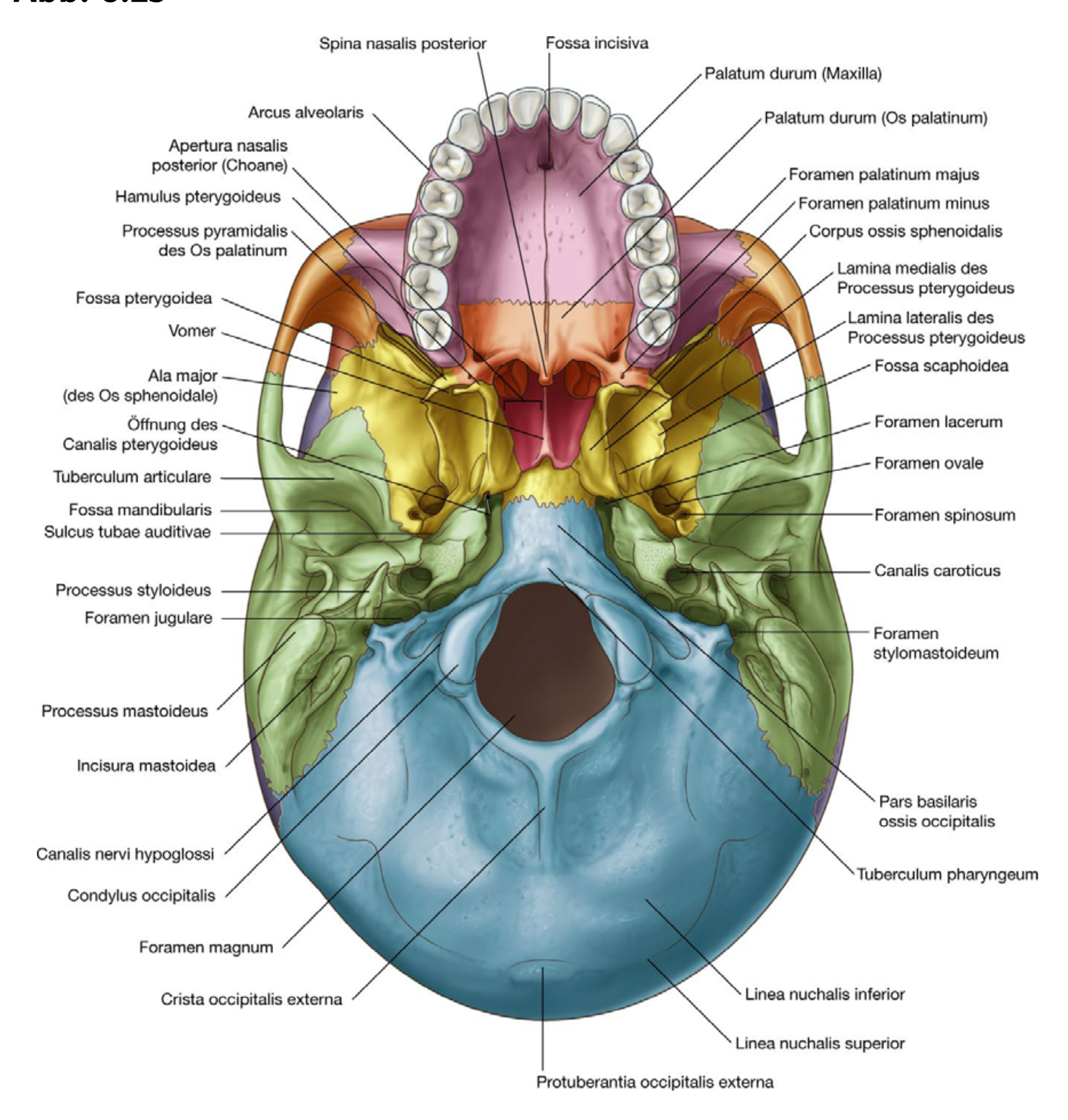
Mittlerer Teil

Der mittlere Anteil der Schädelbasis ist komplex:

- Die vordere Hälfte wird vom Vomer und vom Os sphenoidale gebildet.
- Die hintere Hälfte besteht aus dem Os occipitale und dem paarigen Os temporale.

800

Abb. 8.23



Ansicht des Schädels von unten.

Vordere Hälfte

Vomer

Rostral befindet sich in der Mittellinie das kleine Vomer (Pflugscharbein), das dem Os sphenoidale aufsitzt (Abb. 8.23). Es trägt zur Bildung des knöchernen Nasenseptums bei, das die beiden Choanen voneinander trennt.

Os sphenoidale

Der Großteil des rostralen Anteils der Mitte der Schädelbasis besteht aus dem Os sphenoidale (Keilbein).

Das Os sphenoidale besitzt einen zentral gelegenen Körper **(Corpus)**, die paarigen **Alae majores** und **Alae minores**, die vom Corpus aus nach lateral ragen, sowie zwei nach kaudal gerichtete **Processus pterygoidei**, die beidseits unmittelbar lateral der Choanen entspringen.

801

802

Die in der Ansicht von unten sichtbaren Anteile des Os sphenoidale sind das Corpus, die Alae majores und die Processus pterygoidei (Abb. 8.23).

Corpus

Das Corpus ossis sphenoidalis ist einem zentral gelegenen Kubus vergleichbar, der zwei große luftgefüllte Hohlräume (Sinus) enthält, die durch ein Septum voneinander getrennt sind. (Die Ausbildung der Sinus ist sehr variabel. Es müssen nicht zwangsläufig zwei, sondern es können auch mehrere oder aber auch nur ein großer Sinus sein.) Das Corpus steht vorn mit dem Vomer, dem Os ethmoidale und den Ossa palatina, dorsal und lateral mit den Ossa temporalia und dorsal mit dem Os occipitale in Verbindung.

Processus pterygoideus

Die Processus pterygoidei ragen von den Verschmelzungsbereichen zwischen Corpus und Alae majores aus nach kaudal (Abb. 8.23). Jeder Processus pterygoideus besteht aus einer schmalen **Lamina medialis** und einer breiteren **Lamina lateralis**. Zwischen beiden Laminae liegt die **Fossa pterygoidea**.

Die Lamina medialis des Processus pterygoideus weist an ihrem kaudalen Ende einen hakenförmigen Fortsatz auf **(Hamulus pterygoideus)**. Im kranialen Bereich teilt sie sich in zwei Leisten, zwischen denen eine kleine Grube liegt **(Fossa scaphoidea)**.

Unmittelbar oberhalb der Fossa scaphoidea, an der Wurzel der Lamina medialis des Processus pterygoideus, liegt die Öffnung des **Canalis pterygoideus**, der hier im Bereich des Vorderrandes des Foramen lacerum beginnt und nach rostral zieht.

Ala major

Lateral und posterolateral der Lamina medialis des Processus pterygoideus befindet sich der große Keilbeinflügel (Ala major des Os sphenoidale, Abb. 8.23), der einerseits einen Teil der Schädelbasis bildet, zugleich aber auch, indem er sich lateralwärts fortsetzt, Teil der seitlichen Außenwand des Schädels ist. Er ist lateral und dorsal mit Teilen des Os temporale verbunden.

Wichtige Strukturen an der Oberfläche der Ala major, die man in der Ansicht des Schädels von unten erkennt, sind das Foramen ovale und das Foramen spinosum. Sie liegen an der posterolateralen Grenze der Wurzel der Lamina lateralis des Processus pterygoideus.

Hintere Hälfte

In der hinteren Hälfte der mittleren Schädelbasis befinden sich das Os occipitale und das paarige Os temporale (Abb. 8.23).

Os occipitale

Die **Pars basilaris** des Os occipitale befindet sich in der Mittellinie unmittelbar dorsal des Corpus ossis sphenoidalis. Sie erstreckt sich nach dorsal bis zum **Foramen magnum** und grenzt lateral an das Os temporale.

An der vorderen Begrenzung des Foramen magnum wölbt sich das **Tuberculum pharyngeum** der Pars basilaris hervor, ein knöcherner Vorsprung, über den Teile des Pharynx an der Schädelbasis befestigt sind (Abb. 8.23).

Os temporale

Unmittelbar lateral der Pars basilaris des Os occipitale befindet sich die Pars petrosa der Pars petromastoidea ossis temporalis.

Die Pars petrosa (Felsenbein) des Os temporale besitzt die Form eines Keils, dessen **Spitze** nach vorn medial gerichtet ist. Sie grenzt vorn an die Ala major ossis sphenoidalis und hinten an die Pars basilaris des Os occipitale. Ihre Spitze bildet einen Teil der Begrenzung des **Foramen lacerum**, einer unregelmäßig geformten Öffnung, die beim Lebenden von Knorpel und Bindegewebe ausgefüllt wird (Abb. 8.23).

Weitere Begrenzungen des Foramen lacerum sind medial die Pars basilaris des Os occipitale und rostral das Corpus ossis sphenoidalis.

Posterolateral vom Foramen lacerum liegt in Richtung auf die Pars petrosa des Os temporale als große runde Öffnung der **Canalis caroticus**.

Zwischen Pars petrosa des Os temporale und Ala major ossis sphenoidalis befindet sich eine Furche für den knorpeligen Anteil der **Tuba auditiva (Tuba auditoria**, **Tuba pharyngotympanica**, **Eustachi-Röhre)**. Diese Furche setzt sich posterolateral als knöcherner Kanal durch die Pars petrosa des Os temporale fort, in dem die Tuba auditiva zum Mittelohr verläuft.

Unmittelbar lateral der Ala major ossis sphenoidalis liegt die Pars squamosa des Os temporale, die sich an der Bildung der Articulatio temporomandibularis (Kiefergelenk) beteiligt. Sie ist zentral zur **Fossa mandibularis** eingesenkt, einer Konkavität, in der das Caput mandibulae mit der Schädelbasis artikuliert. Eine Besonderheit des Kiefergelenks

ist das prominente **Tuberculum articulare**, eine nach kaudal gerichtete Vorwölbung am Vorderrand der Fossa mandibularis (Abb. 8.23).

Dorsaler Teil

Der dorsale Anteil der Schädelbasis liegt zwischen vom Vorderrand des Foramen magnum und den Lineae nuchales superiores (Abb. 8.23). Er besteht in der Mitte aus Teilen des Os occipitale und seitlich aus Teilen der Ossa temporalia.

Os occipitale

Das Os occipitale (Hinterhauptsbein) bildet den größten Anteil der hinteren Schädelbasis (Abb. 8.23). Es besteht aus vier Abschnitten, die um das Foramen magnum angeordnet sind. Das Foramen magnum ist die auffällige Struktur in diesem Teil der Schädelbasis. Im Bereich des Foramen magnum gehen Rückenmark und Gehirn ineinander über (Hirnstamm).

802
803

Die Anteile des Os occipitale sind die Pars squamosa, die dorsal des Foramen magnum liegt, die **lateralen Abschnitte** seitlich des Foramen magnum und die **Pars basilaris**, die sich rostral des Foramen magnum befindet (Abb. 8.23).

Pars squamosa und laterale Anteile des Os occipitale gehören zum hinteren Anteil der Schädelbasis.

Die am deutlichsten erkennbare Struktur der Pars squamosa des Os occipitale, die bei der Betrachtung des Schädels von kaudal auffällt, ist die Crista occipitalis externa (ein Knochenkamm), die von der Protuberantia occipitalis externa aus in Richtung Foramen magnum nach kaudal verläuft. Die Linea nuchalis inferior zieht vom Mittelpunkt der Crista occipitalis ausgehend im Bogen nach lateral.

Unmittelbar lateral des Foramen magnum liegt beidseits der laterale Anteil des Os occipitale, der verschiedene wichtige Strukturen aufweist.

Am anterolateralen Rand beider Seiten des Foramen magnum befindet sich ein runder **Condylus occipitalis** (Abb. 8.23). Die beiden Condyli artikulieren mit den Gelenkflächen (Facies articulares superiores) des Atlas (Vertebra C1). Dorsal eines jeden Condylus liegt eine Vertiefung **(Fossa condylaris)**, die den **Canalis condylaris** enthält. Rostral und kranial von jedem Condylus liegt der relativ große **Canalis nervi hypoglossi** zum Durchtritt für den zwölften Hirnnerv (Nervus hypoglossus [XII]). Lateral des Canalis nervi hypoglossi befindet sich das unregelmäßig geformte **Foramen jugulare**, das durch die einander gegenüberstehenden **Incisura jugularis** des Os occipitale und **Incisura jugularis** des Os temporale gebildet wird.

Os temporale

Das Os temporale liegt lateral im hinteren Teil der Schädelbasis. Die in diesem Bereich von außen sichtbaren Anteile des Os temporale sind die Pars mastoidea, die Pars petromastoidea und der Processus styloideus (Abb. 8.23).

Der laterale Rand jeder Pars mastoidea ist durch den großen kegelförmigen Processus mastoideus gekennzeichnet, der von der Unterseite der Pars mastoidea vorspringt. Der Processus mastoideus ist Ansatzpunkt für zahlreiche Muskeln. Auf der medialen Seite des Processus mastoideus befindet sich die Incisura mastoidea, die ebenfalls der Anheftung eines Muskels dient.

Anteromedial des Processus mastoideus befindet sich der teilweise mehrere Zentimeter lange Processus styloideus, der vom Unterrand des Os temporale entspringt. Der Processus styloideus dient dem Ansatz von Muskulatur.

Schließlich liegt noch das Foramen stylomastoideum zwischen Processus styloideus und Processus mastoideus. Durch das Foramen stylomastoideum tritt der siebte Hirnnerv (Nervus facialis [VII]) aus der Schädelbasis aus.

SCHÄDELHÖHLE

Die Schädelhöhle ist der Raum im Inneren der Calvaria, der Gehirn, Meningen, proximale Anteile der Hirnnerven, Blutgefäße und die venösen Sinus enthält.

Schädeldach

Die Calvaria ist das kuppelförmige Dach, das den oberen Teil des Gehirns schützt. Sie besteht vorn aus dem Os frontale, in der Mitte aus dem paarigen Os parietale und hinten aus dem Os occipitale (Abb. 8.24).

An der Innenseite der Calvaria sichtbare Suturen sind:

- Sutura coronalis zwischen Os frontale und Ossa parietalia
- Sutura sagittalis zwischen den paarigen Ossa parietalia
- Sutura lambdoidea zwischen Ossa parietalia und Os occipitale.

Sichtbare Berührungsstellen der Suturen sind das Bregma, an dem Sutura coronalis und Sutura sagittalis aufeinandertreffen, sowie das Lambda, an dem Sutura lambdoidea und Sutura sagittalis aneinandergrenzen.

Weitere sichtbare Strukturen auf der Innenfläche der Schädelkalotte sind Knochenkämme sowie zahlreiche Furchen und Gruben.

Strukturen, die man auf dem knöchernen Schädeldach sehen kann, sind von anterior nach posterior:

- Eine Knochenleiste in der Mediosagittallinie, die sich auf der Innenseite des Os frontale abhebt **(Crista frontalis)** und der Befestigung der **Falx cerebri** (einer aus straffem Bindegewebe bestehenden Duraduplikatur, die die beiden Großhirnhemisphären voneinander trennt) dient.
- Der Beginn des **Sulcus sinus sagittalis superioris** am oberen Ende der Crista frontalis. Diese Furche wird in ihrem Verlauf nach posterior breiter und tiefer und kennzeichnet die Lage des Sinus sagittalis superior (ein intraduraler venöser Sinus).
- Beidseits des Sulcus sinus sagittalis superioris befindet sich lateral auf dessen gesamter Länge eine kleine Anzahl von kleinen Vertiefungen und Grübchen **(Foveolae granulares)**, die die Lage der Granulationes arachnoideae (= Pacchioni-Granulationen) markieren. Die Granulationen sind blumenkohlartige Gebilde, die bei der Betrachtung des Gehirns mit seinen umgebenden Hüllen leicht identifiziert werden können. Sie dienen der Rückführung des Liquor cerebrospinalis in das venöse Gefäßsystem.
- Im lateralen Bereich der Schädelkalotte kommen viele kleine Furchen vor, die hauptsächlich durch den Arterienpuls der Meningealgefäße erzeugt werden.

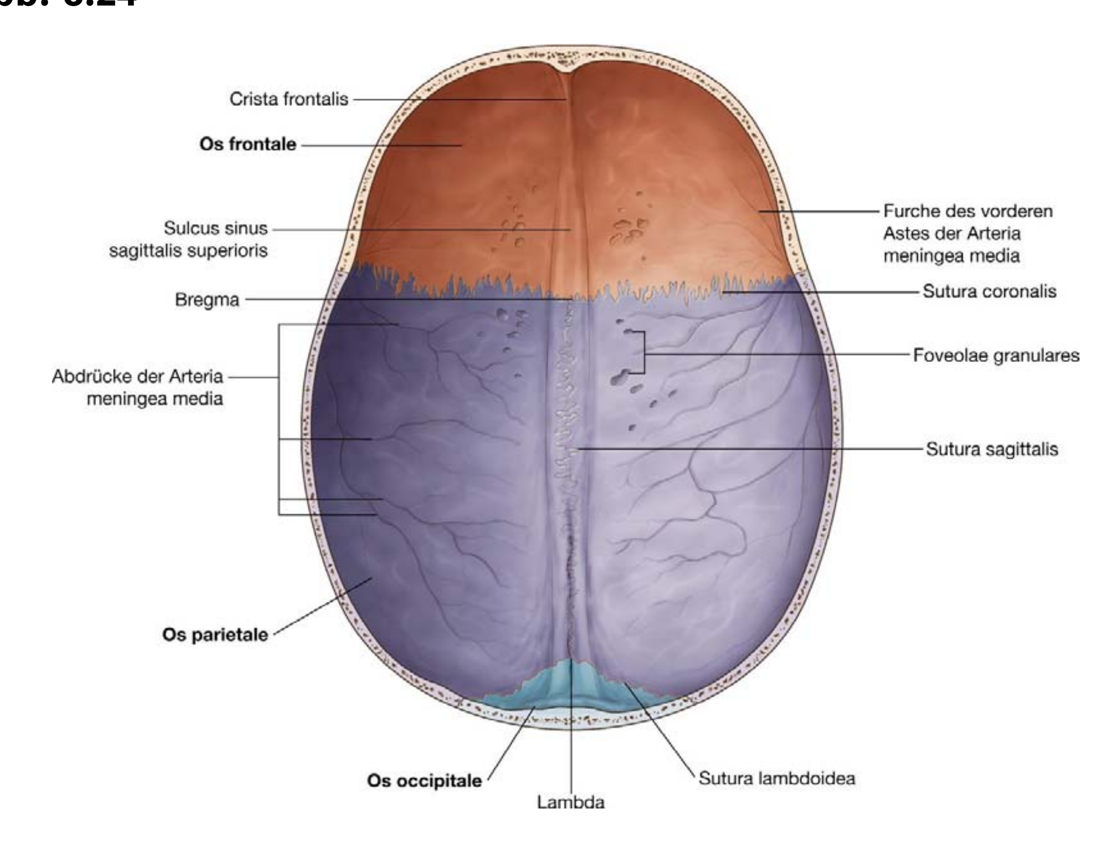
Boden

Der Boden der Schädelhöhle, die Schädelbasis, wird in eine vordere, mittlere und hintere Schädelgrube unterteilt.

803

804

Abb. 8.24



Schädeldach.

Vordere Schädelgrube

Die vordere Schädelgrube wird aus Anteilen der Ossa frontale, ethmoidale und sphenoidale gebildet (Abb. 8.25). Ihr Boden ist folgendermaßen aufgebaut:

- vorn und lateral durch das Os frontale
- in der Mittellinie durch das Os ethmoidale
- hinten durch das Corpus und die Ala minor des Os sphenoidale.

Die vordere Schädelgrube befindet sich über der Cavitas nasi (Nasenhöhle) und den Orbitae (Augenhöhlen) und wird von den Frontallappen der beiden Großhirnhemisphären ausgefüllt.

Rostral ragt vom Os frontale eine kleine keilförmige Knochenleiste in die vordere Schädelgrube (Crista frontalis). An ihr ist die Falx cerebri befestigt. Unmittelbar dorsal der Crista frontalis liegt das **Foramen caecum** (Tab. 8.2) zwischen Os frontale und Os ethmoidale. Es dient dem Durchtritt von Venae emissariae, die eine Verbindung zwischen den Venen der Nasenhöhle und dem venösen Sinus sagittalis superior herstellen.

Dorsal der Crista frontalis findet man einen vorspringenden knöchernen Keil, der vom **Os ethmoidale** nach oben in die vordere Schädelgrube ragt **(Crista galli)**. Die Crista galli ist ebenfalls Anheftungsort der Falx cerebri, die als vertikale Duraduplikatur die beiden Großhirnhemisphären teilweise voneinander trennt.

Direkt lateral der Crista galli liegt die **Lamina cribrosa** des Os ethmoidale (Abb. 8.25). Die siebartige Knochenstruktur ermöglicht den Durchtritt der kleinen Riechfäserchen (Nervi olfactorii) aus der Schleimhaut des Nasenhöhlendachs zum Bulbus olfactorius, der auf der Lamina cribrosa in der vorderen Schädelgrube liegt. Die Nervi olfactorii einer Körperseite werden meist als Nervus olfactorius [I] zusammengefasst.

Lateral des Os ethmoidale wird der Boden der vorderen Schädelgrube durch relativ dünnen Knochen des Os frontale (die **Pars orbitalis** ossis frontalis) gebildet, der zugleich das Dach der darunterliegenden Orbita bildet. Dorsal der Ossa frontale und ethmoidale besteht der übrige Boden der vorderen Schädelgrube aus Corpus und Alae minores ossis sphenoidalis. In der Mittellinie erstreckt sich das Corpus zwischen den paarigen Partes orbitales ossis frontalis nach rostral bis zum Os ethmoidale, dorsal reicht es bis in die mittlere Schädelgrube.

804

805

Die Grenze zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube verläuft in der Mittellinie entlang der Vorderkante des Sulcus chiasmaticus, einer Furche, die zwischen den Canales optici auf dem Corpus ossis sphenoidalis verläuft.

Alae minores des Os sphenoidale

Die beiden Alae minores des Os sphenoidale ragen vom Corpus ossis sphenoidalis aus nach lateral und bilden eine deutliche Grenze zwischen den lateralen Abschnitten der vorderen und mittleren Schädelgrube.

Den vorderen Teil der mittleren Schädelgrube überragend, endet jede Ala minor ossis sphenoidalis seitlich mit einer Spitze. An dieser Stelle treffen Os frontale und Ala major des Os sphenoidale nahe dem lateralen Ende der Fissura orbitalis superior aufeinander.

Beide Alae minores verbreitern sich medialwärts, biegen nach dorsal um und enden jeweils als **Processus clinoideus anterior** (Abb. 8.25). Die Processus clinoidei anteriores dienen als vordere Anheftungsstelle für das **Tentorium cerebelli**, einer Duraduplikatur, die den hinteren Teil der Großhirnhemisphären vom Cerebellum (Kleinhirn) trennt. Unmittelbar rostral des Processus clinoideus anterior befindet sich eine runde Öffnung in der Ala minor des Os sphenoidale, der **Canalis opticus**. Durch den Kanal treten Arteria ophthalmica und Nervus opticus [II] auf ihrem Weg von der Schädelhöhle in die Orbita. Die Canales optici liegen normalerweise in der mittleren Schädelgrube.

Tab. 8.2 Durchtrittsstellen im Bereich der Schädelbasis

Foramen	Hindurchtretende Strukturen
Vordere Schädelgrube	
Foramen caecum	Venae emissariae zur Nasenhöhle
Foramina olfactoria in der Lamina cribrosa	Nervi olfactorii [I]
Canalis opticus	Nervus opticus [II]; Arteria ophthalmica
Mittlere Schädelgrube	
Fissura orbitalis superior	Nervus oculomotorius [III]; Nervus trochlearis [IV]; Nervus ophthalmicus [V1] (aus dem Nervus trigeminus)
Foramen rotundum	Nervus maxillaris [V_2]
Foramen ovale	Nervus mandibularis [V_3]
Foramen spinosum	Arteria meningea media
Hiatus nervi petrosi majoris	Nervus petrosus major
Hiatus nervi petrosi minoris	Nervus petrosus minor
Hintere Schädelgrube	
Foramen magnum	Unterer Hirnstamm/Beginn des Rückenmarks; Arteriae vertebrales; spinale Wurzeln des Nervus accessorius; Meningen
Meatus acusticus internus	Nervus facialis [VII]; Nervus vestibulocochlearis [VIII]; Arteria labyrinthi
Foramen jugulare	Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]; Nervus accessorius [XI]; Sinus petrosus inferior, Sinus sigmoideus (bildet die Vena jugularis interna)
Canalis nervi hypoglossi	Nervus hypoglossus [XII]; Ast zu den Meningen aus der Arteria pharyngea ascendens
Canalis condylaris	Vena emissaria

Mittlere Schädelgrube

Die mittlere Schädelgrube besteht aus Anteilen der Ossa sphenoidale und temporale (Abb. 8.26).

In der Mittellinie bildet die Vorderkante des Sulcus chiasmaticus, einer glatten Furche auf dem Corpus ossis sphenoidalis zwischen den Canales optici, die Grenze zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube.

Die hintere Grenze der mittleren Schädelgrube ist durch die Facies anterior partis petrosae der Pars petromastoidea ossis temporalis gekennzeichnet.

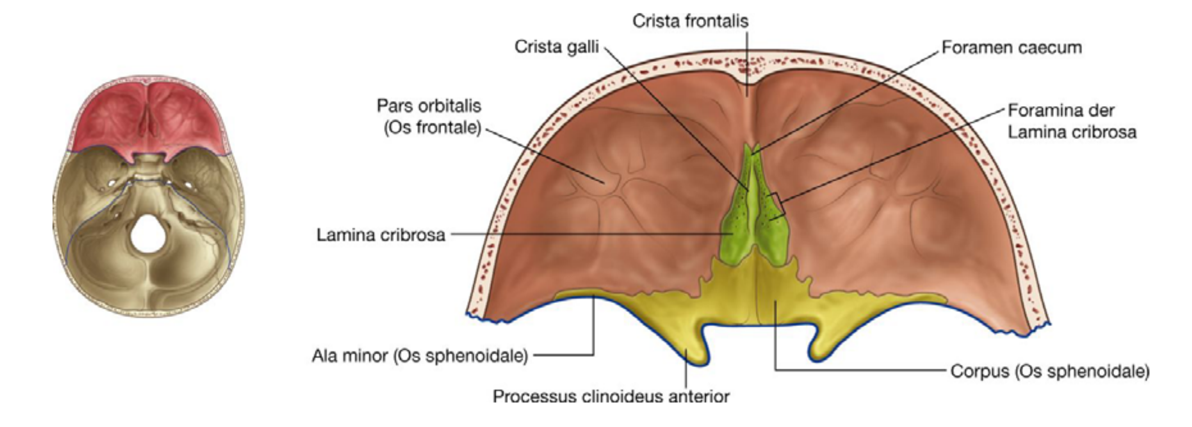
Os sphenoidale

Der Boden der mittleren Schädelgrube ist in der Mittellinie erhöht und wird hier vom Corpus ossis sphenoidalis gebildet. Lateral davon befinden sich Vertiefungen, die beiderseits jeweils von der Ala major des Os sphenoidale und der Pars squamosa des Os temporale gebildet werden. In den Vertiefungen liegen die Temporallappen des Großhirns.

805

806

Abb. 8.25



Vordere Schädelgrube.

Sella turcica

Unmittelbar hinter dem Sulcus chiasmaticus befindet sich ein Abschnitt des Corpus ossis sphenoidalis **(Sella turcica)**, der in der Mitte eine Vertiefung **(Fossa hypophysialis)** aufweist. In der Vertiefung liegt die Hypophyse (Hirnanhangsdrüse). Die Fossa hypophysialis wird vorn und hinten durch senkrecht stehende knöcherne Wände begrenzt (Abb. 8.26).

Die Vorderwand der Sella turcica ist das **Tuberculum sellae**, eine senkrecht stehende knöcherne Wand, deren oberer Anteil als leichte Erhöhung am Hinterrand des Sulcus chiasmaticus sichtbar ist.

Manchmal ragen von den Ecken des Tuberculum sellae kleine Fortsätze nach lateral, die als **Processus clinoidei mediales** bezeichnet werden.

Die Hinterwand der Sella turcica ist das **Dorsum sellae**, eine kräftige Knochenleiste, die nach kranialrostral gerichtet ist. Am höchsten Punkt der Knochenleiste sitzen an den

lateralen Enden runde Vorsprünge, die **Processus clinoidei posteriores**, die ebenso wie die Processus clinoidei anteriores der Anheftung des Tentorium cerebelli dienen.

Fissuren und Foramina

Lateral des Corpus ossis sphenoidalis wird der Boden der mittleren Schädelgrube beidseits von der Ala major des Os sphenoidale gebildet (Abb. 8.26).

Eine diagonal verlaufende Spalte, die **Fissura orbitalis superior**, trennt die Ala major des Os sphenoidale von der Ala minor und bildet eine wichtige Durchtrittsstelle zwischen mittlerer Schädelgrube und Orbita. Durch die Fissur verlaufen die Nervi oculomotorius [III], trochlearis [IV], ophthalmicus [V_1], abducens [VI] sowie die Venae ophthalmicae.

Dorsal des medialen Endes der Fissura orbitalis superior findet man auf dem Boden der mittleren Schädelgrube ein größeres rundes Loch, das **Foramen rotundum**, das nach rostral gerichtet ist. Durch das Foramen tritt der Nervus maxillaris [V_2] aus der mittleren Schädelgrube in die Fossa pterygopalatina über.

Posterolateral des **Foramen rotundum** befindet sich eine große ovale Öffnung, das **Foramen ovale**, das dem Nervus mandibularis [V_3] und gelegentlich einer Arteria meningea media accessoria den Durchtritt aus der extrakranial gelegenen Fossa infratemporalis zur mittleren Schädelgrube ermöglicht. Posterolateral vom Foramen ovale liegt das kleine **Foramen spinosum** (Abb. 8.26), das die Fossa infratemporalis ebenfalls mit der mittleren Schädelgrube verbindet. Es dient dem Durchtritt der Arteria meningea media sowie ihrer Begleitvenen. Der Verlauf der Arteria meningea media kann leicht anhand des durch den Arterienpuls erzeugten Sulcus arteriae meningeae mediae und dessen Ästen im Boden und in der Seitenwand der mittleren Schädelgrube verfolgt werden, der am Foramen spinosum beginnt.

Posteromedial des Foramen ovale befindet sich die **runde intrakraniale Öffnung** des **Canalis caroticus**. Direkt unterhalb der Öffnung liegt das unregelmäßig geformte **Foramen lacerum** (Abb. 8.26). In der Ansicht des Schädels von kaudal ist das Foramen lacerum gut erkennbar. Es ist beim Lebenden durch Knorpel und Bindegewebe verschlossen.

Os temporale

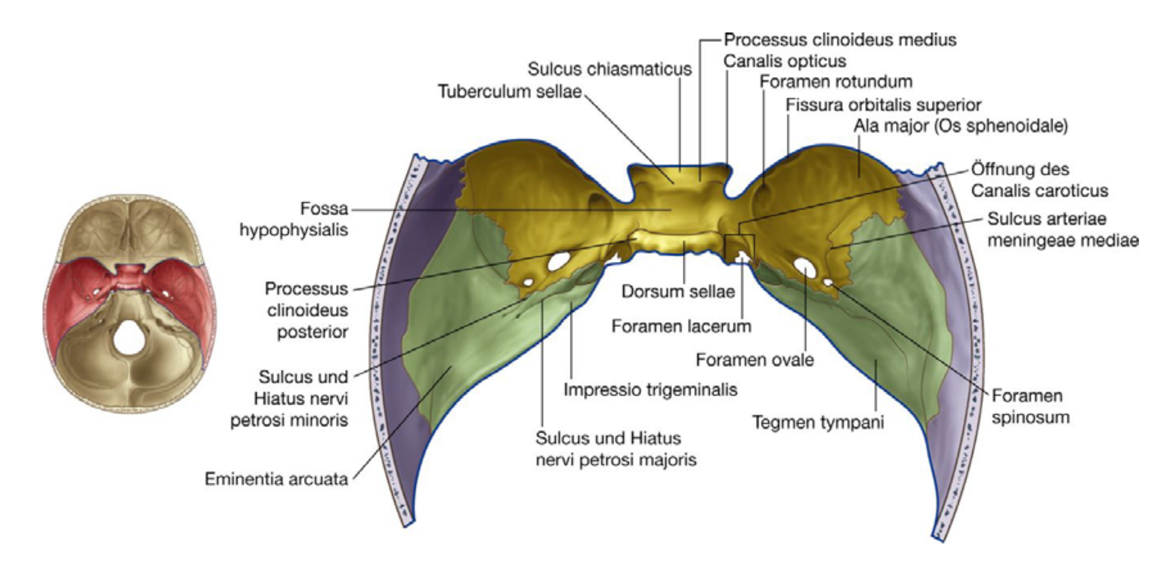
Die hintere Begrenzung der mittleren Schädelgrube wird durch die Facies anterior der Pars petrosa der Pars petromastoidea ossis temporalis gebildet.

Medial befindet sich eine leichte Vertiefung **(Impressio trigeminalis)** auf der Facies anterior der Pars petrosa ossis temporalis (Abb. 8.26), welche die Stelle kennzeichnet, an der das sensible Ganglion des Nervus trigeminus [V] liegt.

Lateral der Impressio trigeminalis und auf der Vorderfläche der Pars petrosa des Os temporale befindet sich eine kleine gerade Furche, der **Sulcus nervi petrosi majoris**, der

nach oben lateral verläuft und in einem Foramen, **Hiatus nervi petrosi majoris**, endet. Der Nervus petrosus major ist ein Ast des Nervus facialis [VII].

Abb. 8.26



Mittlere Schädelgrube.

Anterolateral des Sulcus nervi petrosi liegt der schmalere **Sulcus nervi petrosi minoris**, der mit dem **Hiatus nervi petrosi minoris** endet. Der Nervus petrosus minor ist ein Ast aus dem Plexus tympanicus (Abb. 8.26).

Oberhalb und lateral der kleinen Öffnungen für die Nervi petrosi minor und major erhebt sich nahe dem Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis ein runder knöcherner Vorsprung, die **Eminentia arcuata**, die sich aufgrund eines darunter im Knochen befindlichen Canalis semicircularis (Bogengang) des Mittelohrs vorwölbt.

Direkt rostral und lateral der Eminentia arcuata ist die Vorderfläche der Pars petrosa etwas vertieft. Dieses sog. **Tegmen tympani** bildet das dünne knöcherne Dach der Cavitas tympani (Paukenhöhle).

Hintere Schädelgrube

Die hintere Schädelgrube besteht hauptsächlich aus Anteilen der Ossa temporale und occipitale sowie in geringerem Maße der Ossa sphenoidale und parietale (Abb. 8.27). Die hintere Schädelgrube ist die größte und tiefste der drei Schädelgruben. Sie enthält den Hirnstamm (Mesencephalon, Pons und Medulla oblongata) und das Cerebellum.

Begrenzungen

Die vordere Grenze der hinteren Schädelgrube wird in der Mittellinie vom Dorsum sellae und vom Clivus gebildet (Abb. 8.27). Der **Clivus** ist eine schräg stehende Knochenfläche, die sich vom Foramen magnum aus nach kranial erstreckt. Er besteht aus Anteilen des Corpus ossis sphenoidalis und der Pars basilaris ossis occipitalis.

Seitlich der Vordergrenze der hinteren Schädelgrube befindet sich der Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis.

Dorsal ist die wichtigste Grenze die Pars squamosa des Os occipitale bis auf Höhe des Sulcus sinus transversi. Lateral wird die hintere Schädelgrube durch die Pars petromastoidea des Os temporale, kleine Anteile des Os occipitale und durch das Os parietale begrenzt.

Foramen magnum

Zentral befindet sich an der tiefsten Stelle der hinteren Schädelgrube das größte Loch des Schädels, das Foramen magnum. Es wird vorn von der Pars basilaris des Os occipitale, seitlich von den lateralen Abschnitten des Os occipitale und hinten von der Pars squamosa des Os occipitale begrenzt.

Das Rückenmark zieht durch das Foramen magnum nach kranial, um oberhalb des Foramen in den Hirnstamm überzugehen.

Ferner treten durch das Foramen magnum die Arteriae vertebrales, die Meningen und die spinalen Wurzeln des Nervus accessorius [XI].

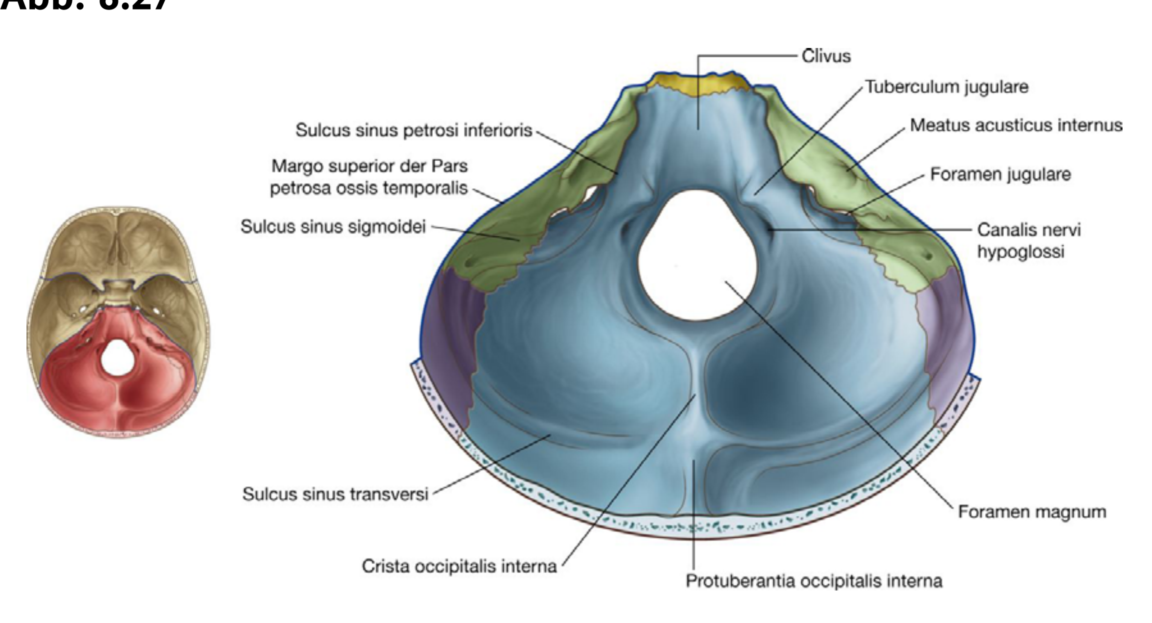
Furchen und Löcher

Der Clivus verläuft vom Foramen magnum aus schräg nach oben. Lateral des Clivus befindet sich zwischen Pars basilaris des Os occipitale und Pars petrosa der Pars petromastoidea ossis temporalis der **Sulcus sinus petrosi inferioris** (Abb. 8.27).

807

808

Abb. 8.27



Hintere Schädelgrube.

Lateral liegt auf der oberen Hälfte der Facies posterior der Pars petrosa des Os temporale eine ovale Öffnung, der **Meatus acusticus internus**. Er ist Durchtrittsstelle für die Nervi facialis [VII] und vestibulocochlearis [VIII] sowie für die Arteria labyrinthi.

Unterhalb des Meatus acusticus internus liegt an der Grenze zwischen Os temporale und Os occipitale das relativ große Foramen jugulare (Abb. 8.27). Zum Foramen jugulare ziehen von medial der Sulcus sinus petrosi inferioris und von lateral der **Sulcus sinus sigmoidei**.

Der Sinus sigmoideus verläuft bis zum Foramen jugulare und setzt sich von dort aus als Vena jugularis interna fort. Der Sinus petrosus inferior mündet im Bereich des Foramen jugulare in die Vena jugularis interna ein.

Ferner treten durch das Foramen jugulare die Nervi glossopharyngeus [IX], vagus [X] und accessorius [XI].

Medial des Foramen jugulare befindet sich eine kräftige Erhebung auf dem Os occipitale, das **Tuberculum jugulare**. Unmittelbar unterhalb des Tuberculum jugulare und oberhalb des Foramen magnum liegt der **Canalis nervi hypoglossi**, durch den der Nervus hypoglossus [XII] die hintere Schädelgrube verlässt. Ferner tritt durch den Canalis nervi hypoglossi ein Ast der Arteria pharyngea zu den Meningen.

Direkt posterolateral des Canalis nervi hypoglossi liegt der **Canalis condylaris**, der die nicht immer vorhandene Vena emissaria enthält.

Pars squamosa des Os occipitale

Die Pars squamosa des Os occipitale weist zahlreiche hervorspringende Strukturen auf (Abb. 8.27):

- In der Mittellinie zieht, ausgehend vom Foramen magnum, die Crista occipitalis interna nach kranial.
- Beidseits der Crista occipitalis interna ist der Boden der hinteren Schädelgrube konkav gewölbt und enthält die Kleinhirnhemisphären.
- Die Crista occipitalis interna endet kranial mit einem knöchernen Vorsprung, der Protuberantia occipitalis interna.
- Lateral der Protuberantia occipitalis interna befinden sich Vertiefungen (Sulci), die durch den Sinus transversus hervorgerufen werden. Sie verlaufen nach lateral und gehen in den Sulcus sinus sigmoidei über. Der Sulcus sinus sigmoidei verläuft nach kaudal bis zum Foramen jugulare.

Sinus transversus und Sinus sigmoideus sind intradural verlaufende venöse Blutleiter.

Fontanellen und Suturen

Als Fontanellen werden größere Lücken zwischen den Schädelknochen des Neugeborenen bezeichnet, die bindegewebig verschlossen sind (Abb. 8.7C). Durch den Arterienpuls kommt es zu rhythmischen Vorwölbung der Fontanellen. Durch das rasche Wachstum der angrenzenden Knochen werden die Fontanellen schnell auf die Breite der Suturen (Schädelnähte) verkleinert. Im Rahmen dieses Wachstumsprozesses kann es zur Ausbildung isolierter Knochenkerne im Bindegewebe der Fontanellen kommen. Dabei entstehen eigenständige Knochen, sog. Naht- oder Schaltknochen (Ossa suturalia). Das Neugeborene besitzt zum Zeitpunkt der Geburt sechs Fontanellen, zwei unpaare und zwei paarige. 808 Fontanellen und Suturen ermöglichen es dem Schädel gemeinsam mit den zum Zeitpunkt der 809 Geburt noch recht weichen Knochen, sich in begrenztem Maße zu verformen, um den Geburtskanal besser zu passieren. Außerdem ist die noch lockere Verbindung zwischen den Knochen notwendig, damit sich das Schädeldach nach der Geburt dem (besonders im ersten Lebensjahr) raschen Wachstum des Gehirns anpassen kann. Im fünften Lebenjahr hat das Schädeldach nahezu seine endgültige Größe erreicht.

Folgende Suturen sind am Neugeborenenschädel von Bedeutung:

- **Sutura lambdoidea (Lambdanaht):** zwischen den Ossa parietalia und der Squama occipitalis (Verknöcherung zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr)
- **Sutura frontalis (Stirnnaht):** zwischen den Ossa frontalia (Verknöcherung normalerweise zwischen dem ersten und zweiten Lebensjahr; ein Ausbleiben der Verknöcherung ist auch möglich)
- **Sutura sagittalis (Pfeilnaht):** zwischen den beiden Ossa parietalia (Verknöcherung zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr)
- **Sutura coronalis (Kranznaht):** liegt zwischen dem Os frontale und dem Os parietale (Verknöcherung zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr)

Folgende Fontanellen sind am Neugeborenenschädel von Bedeutung:

- vordere (große) Fontanelle **(Fonticulus anterior)** an der Vereinigung von Suturae frontalis, sagittalis und coronalis (Verschluss ca. im 36. Lebensmonat)
- hintere (kleine) Fontanelle **(Fonticulus posterior)** an der Vereinigung von Suturae sagittalis und lambdoidea (Verschluss ca. im 3. Lebensmonat)
- vordere Seitenfontanelle (**Fonticulus sphenoidalis;** paarig) an der Vereinigung von Ossa frontalis, parietalis und sphenoidalis (Verschluss ca. im 6. Lebensmonat)
- hintere Seitenfontanelle (**Fonticulus mastoideus;** paarig) an der Vereinigung von Ossa parietalis, temporalis und occipitalis sowie Processus mastoideus (Verschluss ca. im 18. Lebensmonat).

Störungen der Knochenbildung oder des Knochenwachstums werden als Dysostosis bezeichnet. Die Dysostosis craniofacialis wird autosomaldominat vererbt. Dabei kommt es zur vorzeitigen Verknöcherung der Suturae sagittalis und coronalis mit Ausbildung eines Turmschädels.

Klinik

Bildgebung des Kopfes

Konventionelles Röntgen

Bis vor zwei Jahrzehnten war das Standardverfahren zur Darstellung des Kopfes das konventionelle Röntgenbild. Die Röntgenaufnahmen werden in drei Standardprojektionen aufgenommen – im posteroanterioren Strahlengang, im seitlichen Strahlengang und in der Aufnahme nach Towne. Zusätzliche Aufnahmen sind möglich, um die Öffnungen an der Schädelbasis oder die Gesichtsknochen beurteilen zu können. Heutzutage werden Röntgenaufnahmen des Schädels nur noch selten bei Traumata angefertigt. Schädelfrakturen sind relativ leicht zu erkennen (Abb. 8.28). Der Patient wird untersucht, die anschließende Behandlung orientiert sich an bestehenden neurologischen oder potenziellen neurologischen Komplikationen.

Computertomographie

Seit der Entwicklung des Computertomographen ist das Schädel-CT unabdingbarer Bestandteil der neuroradiologischen Untersuchung. Es wird vor allem bei Schädelverletzungen durchgeführt, da Gehirn und Meningen einfach und schnell untersucht werden können. Blutungen sind ebenfalls gut zu erkennen. Durch die Modifikation in der Darstellung (unterschiedliche Grauwerte) ist es möglich, auch Knochen darzustellen.

Durch die intravenöse Gabe von Kontrastmittel können bei Kombination von Angiographie und CT Position und Größe eines intrazerebralen Aneurysmas erfasst werden, um eine endovaskuläre Behandlung zu planen.

Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) besticht im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren durch ihre hohe Kontrastauflösung. Gehirn und Meningen, Liquor und Wirbelsäule können leicht und schnell untersucht werden. Neuere Darstellungssequenzen ermöglichen das Unterdrücken der Darstellung des Liquors. So ist es möglich, auch periventrikuläre Läsionen zu erkennen.

Die Magnetresonanzangiographie hat im Rahmen der intrakraniellen Gefäßdarstellung (einschließlich Circulus arteriosus cerebri [Willisii]) große Bedeutung erlangt, die für die Planung bestimmter Operationen unabdingbar ist.

809

810

Das MRT ist zudem ein gutes Mittel zur Beurteilung von Stenosen (Verengungen) der Arteria carotis (Karotisstenosen).

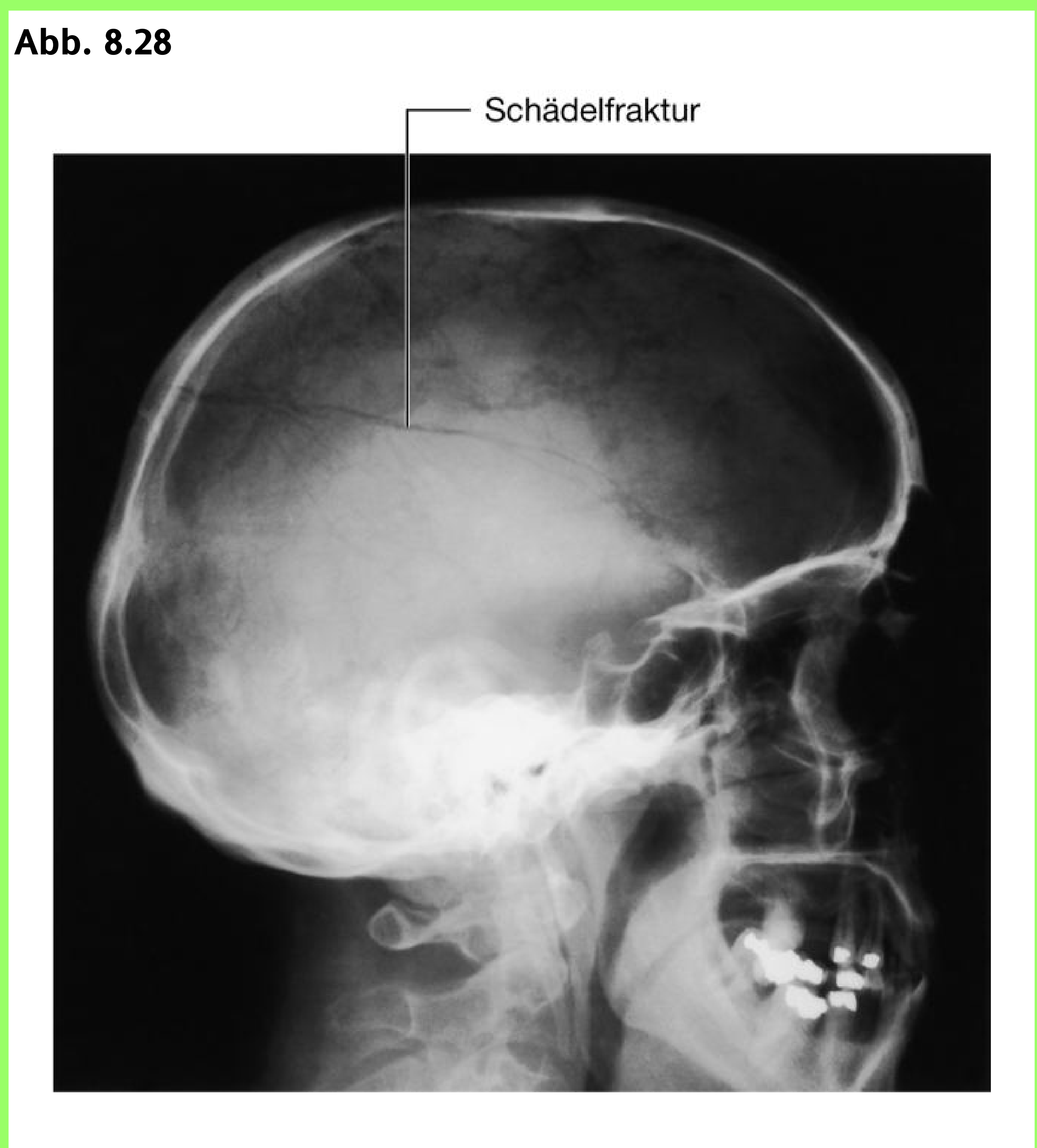
Sonographie

Erste Versuche, Ultraschall bei der Untersuchung des Gehirns einzusetzen, missglückten. Aufgrund der fortgeschrittenen Sondentechnologie ist es heute jedoch möglich, intrakranielle Doppleruntersuchungen durchzuführen, die dem Operateur dabei helfen, herauszufinden, ob eine zerebrale Embolisation durch eine Plaque der Arteria carotis vorliegt.

Die extrakranielle Ultraschallanwendung hat im Rahmen der Tumordiagnostik und der Untersuchung der Karotisgabel (Aufzweigung der Arteria carotis communis in Arteriae carotides interna und externa; Abb. 8.29) sowie bei raumfordernden Prozessen im Hals an Bedeutung gewonnen.

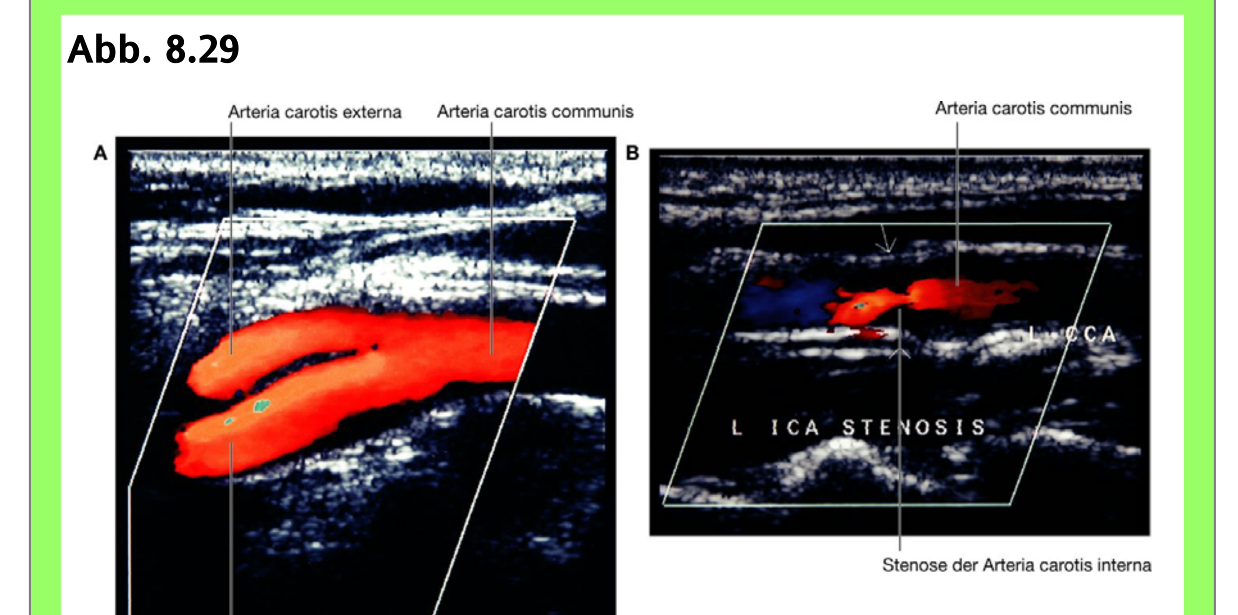
Bei Kleinkindern ist der Einsatz des Ultraschalls von Nutzen, weil hier aufgrund der Fontanellen ein akustisches Fenster vorhanden ist.

Abb. 8.28



Röntgenaufnahme einer Schädelfraktur.

Abb. 8.29



Ultraschallaufnahmen. **A**. Normalbefund der Karotisgabel. **B**. Stenose der Arteria carotis interna.

810

811

Klinik

Frakturen des Schädeldachs und epidurale Hämatome

Das Schädeldach ist eine bemerkenswert stabile Struktur – und das zu Recht, beherbergt sie doch unser lebenswichtigstes Organ: das Gehirn. Die Gestalt des Schädeldachs ist von entscheidender Bedeutung, und seine Biomechanik wirkt Frakturen entgegen. Aus klinischer Sicht geben Schädelfrakturen über mögliche Komplikationen Auskunft. Eine Fraktur selbst hat für gewöhnlich keine schwerwiegenden Folgen (anders als z.B. eine Fraktur der Tibia). Von entscheidender Bedeutung ist es daher, die primäre Schädigung des Gehirns gering zu halten und potenzielle Komplikationen zu behandeln. Diese Zielstellung ist zunächst wichtiger als die Behandlung der Fraktur. Besondere Bedeutung besitzen Impressionsfrakturen, offene Frakturen und Pterionfrakturen unter den Schädelfrakturen.

Impressionsfrakturen

Beim Vorliegen einer Impressionsfraktur ist ein knöchernes Fragment eingedrückt, sodass es unter dem Niveau der Konvexität des Schädels liegt. Hieraus können sekundäre arterielle und venöse Schädigungen mit Hämatombildung resultieren. Ferner kann als Folge einer Impressionsfraktur ein primärer Hirnschaden entstehen.

Offene Frakturen

Durch eine offene Fraktur, bei der außer der Knochenschädigung die Haut eingerissen ist, besteht immer die Gefahr einer von außen eindringenden Infektion. Typischerweise sind solche Frakturen mit Fleischwunden in der Kopfschwarte assoziiert und können normalerweise mit Antibiotika behandelt werden.

Eine ernst zu nehmende Komplikation nach offener Fraktur ist z.B. eine Meningitis mit möglicherweise letalem Ausgang.

Eine subtilere Variante der offenen Fraktur betrifft die Nasennebenhöhlen. Sie kann zunächst bei der Untersuchung übersehen werden, führt aber oft zu Beschwerden und muss bei Patienten, die infolge eines Traumas sekundär intrakranielle Infektionen entwickeln, in Betracht gezogen werden.

Pterionfrakturen

Das Pterion auf der Außenseite des Schädels ist ein wichtiger klinischer Punkt. Um seine genaue Lage zu bestimmen, zieht man vom Arcus zygomaticus aus eine gedachte Linie 2,5 cm nach oben und eine weitere Linie vom lateralen Orbitarand 2,5 cm nach dorsal. Etwa am Schnittpunkt beider Linien befindet sich das Pterion. Am Pterion treffen Os frontale, Os parietale, Ala major ossis sphenoidalis und Os temporale aufeinander. Entscheidend ist die Lage der Arteria meningea media unter diesem Gebiet. Eine Verletzung in diesem Bereich des Schädels ist besonders schwerwiegend, da eine Ruptur der Arteria meningea media zur Ausbildung eines epiduralen Hämatoms mit Todesfolge führen kann.

MENINGEN

Gehirn und Rückenmark sind von den aus drei Blättern bestehenden Hirnhäuten (**Meningen;**Abb. 8.30A) umgeben: einer derben und festen äußeren Membran, der **Dura mater**, einer zarten mittleren spinngewebsähnlichen Membran, der **Arachnoidea mater**, und einer dünnen inneren Membran, die fest mit der Oberfläche des Gehirns verbunden ist, der **Pia mater**.

Die Meningen gehen am Foramen magnum in die vergleichbar aufgebauten Meningen des Rückenmarks über. Allerdings besteht zwischen beiden Anteilen ein wichtiger Unterschied: Die Dura mater cranialis besteht aus zwei Blättern, von denen sich nur eines über das Foramen magnum in den Rückenmarkskanal fortsetzt (Abb. 8.30B).

Dura mater cranialis

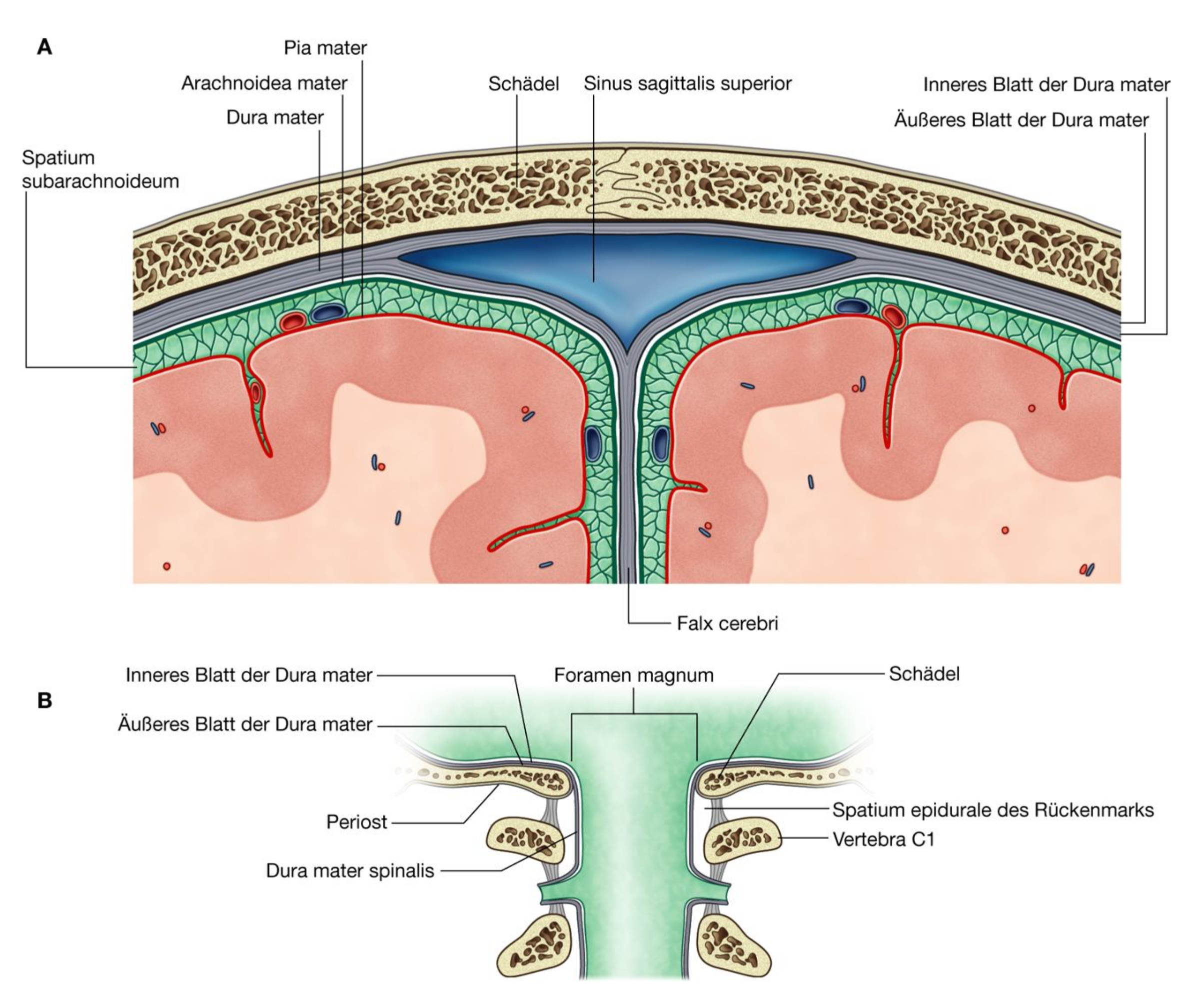
Die Dura mater cranialis ist die dicke, widerstandsfähige äußere Hülle des Gehirns aus straffem Bindegewebe. Sie besteht aus einem äußeren periostalen Blatt und einem inneren meningealen Blatt (Abb. 8.30A):

- Das äußere **periostale Blatt** ist fest mit dem Schädelknochen verbunden. Es stellt zugleich das Periost der Schädelhöhle dar und geht am Foramen magnum und anderen intrakraniellen Öffnungen in das Periost der äußeren Schädeloberfläche über (Abb. 8.30B).

- Das innere **meningeale Blatt** steht in engem Kontakt zur Arachnoidea mater und setzt sich am Foramen magnum als Dura mater spinalis fort.

811
812

Abb. 8.30



Intrakranielle Meningen. **A**. Frontalschnitt durch die Schädeldecke. **B**. Übergang in die Meningen des Rückenmarks.

Die beiden Blätter der Dura mater entfernen sich an zahlreichen Stellen voneinander, um zwei bestimmte Strukturen zu bilden (Abb. 8.30A):

- Durasepten, die nach innen ziehen und so einzelne Anteile des Gehirns unvollständig voneinander trennen
- intrakranielle venöse Strukturen.

Durasepten

Die Durasepten ragen in die Schädelhöhle hinein und unterteilen sie unvollständig. Durasepten sind die Falx cerebri, das Tentorium cerebelli, die Falx cerebelli und das Diaphragma sellae.

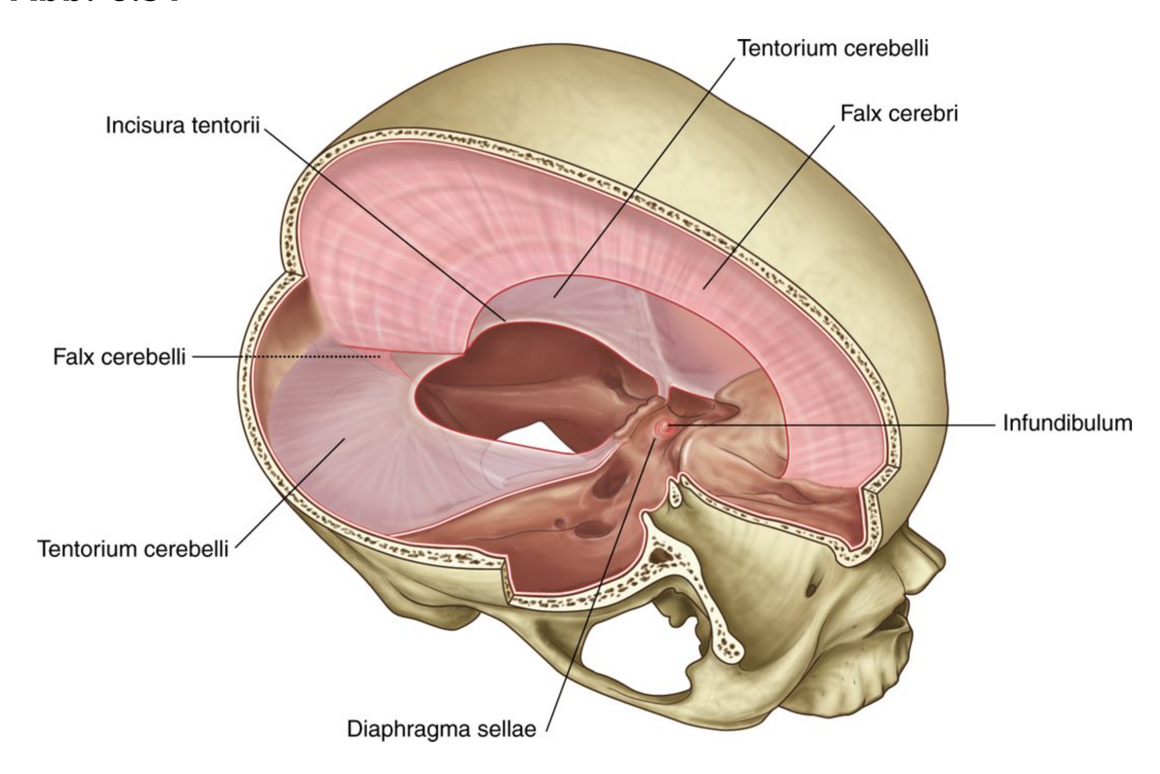
Falx cerebri

Die Falx cerebri (Abb. 8.31) ist eine sichelförmige Struktur, die von der das Schädeldach auskleidenden Dura mater aus zwischen den beiden Großhirnhemisphären nach kaudal aufgespannt ist. Sie ist rostral an der Crista galli des Os ethmoidale und an der Crista frontalis befestigt. Dorsal inseriert die Falx cerebri am Tentorium cerebelli, mit dem sie verschmilzt.

Tentorium cerebelli

Das Tentorium cerebelli (Abb. 8.31) ist eine horizontale Duraduplikatur des meningealen Blattes der Dura mater, die das in der hinteren Schädelgrube liegende Kleinhirn vom hinteren Anteil der beiden Großhirnhemisphären trennt. Das Tentorium ist dorsal entlang den knöchernen Furchen der Sinus transversi am Os occipitale befestigt. Lateral steht es 812 mit dem Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis in Kontakt und endet vorn an den 813 Processus clinoidei anteriores und posteriores.

Abb. 8.31



Durasepten.

Die vorderen und medialen Ränder des Tentoriums sind frei und bilden in der Mittellinie eine ovale Öffnung, die Incisura tentorii, durch die ein Teil des Mittelhirns tritt.

Falx cerebelli

Die Falx cerebelli (Abb. 8.31) ist ein kleines Septum in der Mittellinie, das vom meningealen Blatt der Dura mater der hinteren Schädelgrube gebildet wird. Die Falx cerebelli ist dorsal an der Crista occipitalis interna des Os occipitale und kranial am Tentorium cerebelli verankert. Der vordere Anteil ragt frei zwischen die beiden Kleinhirnhemisphären.

Diaphragma sellae

Eine weitere Duraduplikatur ist das Diaphragma sellae (Abb. 8.31). Dieser kleine horizontale Ausläufer des meningealen Blattes der Dura mater bedeckt die Fossa hypophysialis in der Sella turcica des Os sphenoidale. In der Mitte des Diaphragma sellae befindet sich eine kleine Öffnung für den Durchtritt des **Infundibulums** (Hypophysenstiel), das die Hypophyse mit der Hirnbasis verbindet. Ferner treten begleitende Blutgefäße durch das Infundibulum.

Arterielle Blutversorgung

Die arterielle Blutversorgung der Dura mater (Abb. 8.32) erfolgt durch:

- **Arteria meningea anterior** in der vorderen Schädelgrube
- **Arteria meningea media** und **Arteria meningea accessoria** in der mittleren Schädelgrube
- **Arteria meningea posterior** und andere Äste in der hinteren Schädelgrube.

Mit Ausnahme der Arteria meningea media, die als relativ kräftiges Gefäß den größten Teil der Dura versorgt, handelt es sich um kleine Arterien.

Die Arteria meningea anterior ist ein Ast der **Arteria ethmoidalis**.

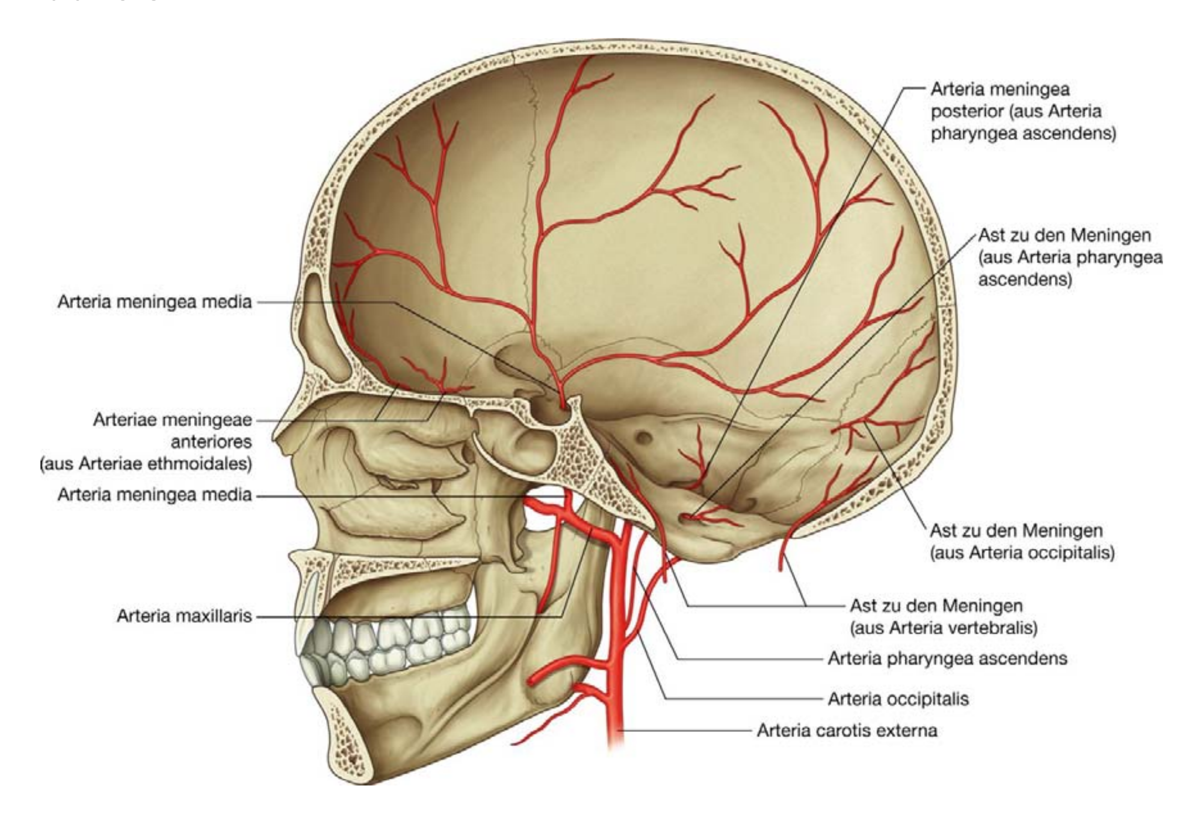
Die Arteria meningea media geht als Ast aus der **Arteria maxillaris** hervor. Sie erreicht die mittlere Schädelgrube durch das Foramen spinosum und teilt sich in einen vorderen und einen hinteren Ast auf:

- Der vordere Ast verläuft nahezu vertikal zum Scheitel der Schädeldecke und kreuzt dabei das Pterion.
- Der hintere Ast verläuft in posterosuperiorer Richtung und versorgt einen Großteil der mittleren Schädelgrube.

Die Arteria meningea accessoria ist normalerweise ein kleiner Ast der Arteria maxillaris, die die mittlere Schädelgrube gemeinsam mit der Arteria meningea media durch das Foramen ovale erreicht und die Gebiete, die medial vom Foramen ovale liegen, mit Blut versorgt.

813

Abb. 8.32



Arterielle Versorgung der Dura mater.

Die Arteria meningea posterior sowie einige weitere kleine Arterienäste zu den Meningen, die zur Versorgung der Dura mater der hinteren Schädelgrube beitragen, haben verschiedene Ursprungsgefäße (Abb. 8.32):

- Die Arteria meningea posterior tritt als Endast der **Arteria pharyngea ascendens** durch das Foramen jugulare in die hintere Schädelgrube ein.
- Ein weiterer Ast der Arteria pharyngea ascendens, der der Blutversorgung der Meningen in der hinteren Schädelgrube dient, tritt durch den Canalis nervi hypoglossi.
- Weitere Äste zu den Meningen gehen aus der **Arteria occipitalis** hervor und gelangen über die Foramina jugulare und mastoideum in die hintere Schädelgrube.
- Schließlich geht ein Meningealast aus der **Arteria vertebralis** im Foramen magnum bei deren Eintritt in die hintere Schädelgrube ab.

Innervation

Die Innervation der Dura mater (Abb. 8.33) erfolgt über kleine meningeale Äste aller drei Anteile des Nervus trigeminus [V_1, V_2 und V_3] und durch den ersten, zweiten und manchmal auch den dritten zervikalen Spinalnerv.

Der Boden sowie der vordere Teil der Falx cerebri der vorderen Schädelgrube werden durch meningeale Äste der Nervi ethmoidales – Äste des Nervus ophthalmicus [V_1] – innerviert.

Ferner biegt einer der meningealen Äste des Nervus ophthalmicus [V_1] nach dorsal, um das Tentorium cerebelli und den hinteren Abschnitt der Falx cerebri zu innervieren.

Die mittlere Schädelgrube wird medial durch meningeale Äste des Nervus maxillaris [V_2] und lateral, im Versorgungsgebiet der Arteria meningea media, durch meningeale Äste des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

Die hintere Schädelgrube wird von meningealen Ästen des ersten, zweiten und manchmal auch des dritten Zervikalnervs innerviert. Die Äste gelangen durch das Foramen magnum, den Canalis nervi hypoglossi und das Foramen jugulare in die Schädelhöhle.

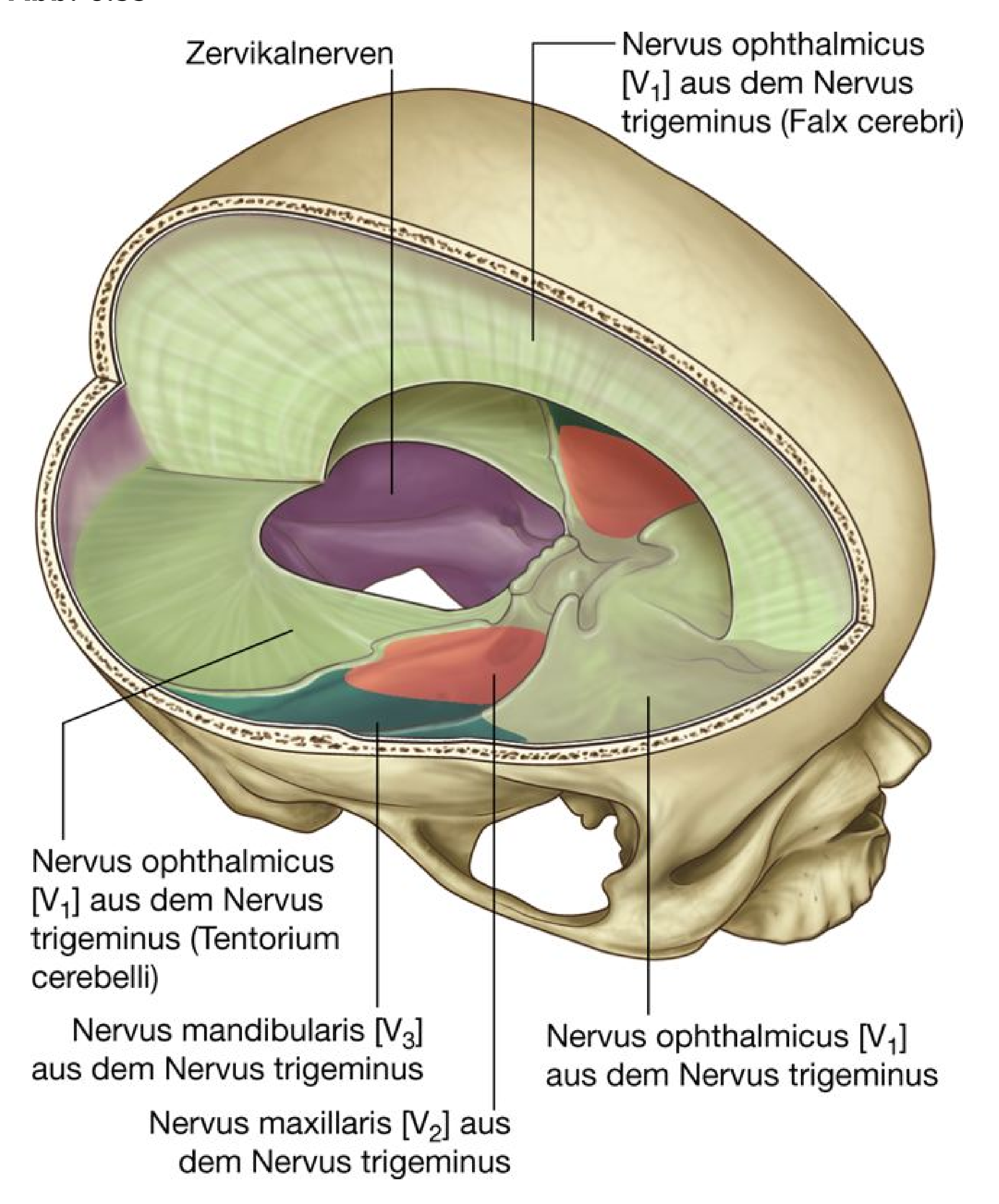
Arachnoidea mater

Die Arachnoidea mater ist eine dünne, gefäßreiche Membran, die der inneren Oberfläche der Dura mater aufliegt, jedoch nicht an dieser befestigt ist (Abb. 8.34). Von ihrer inneren Oberfläche setzen sich dünne Fortsätze (Trabekel) durch den Subarachnoidalraum auf die Pia mater fort und verschmelzen mit ihr.

814
815

Die Arachnoidea mater liegt der Dura mater von innen an. Sie setzt sich mit Ausnahme der Fissura longitudinalis cerebri nicht zwischen den beiden Großhirnhemisphären in die Gyri und Sulci der Hirnoberfläche fort.

Abb. 8.33



Innervation der Dura mater.

Pia mater

Die Pia mater ist eine dünne, zarte Membran, die der Gehirnoberfläche eng anliegt (Abb. 8.34). Sie folgt den Konturen des Gehirns einschließlich der Sulci und Gyri auf dessen Oberfläche und haftet fest an den Wurzeln der Hirnnerven.

Hirnhäute und äußerer Liquorraum

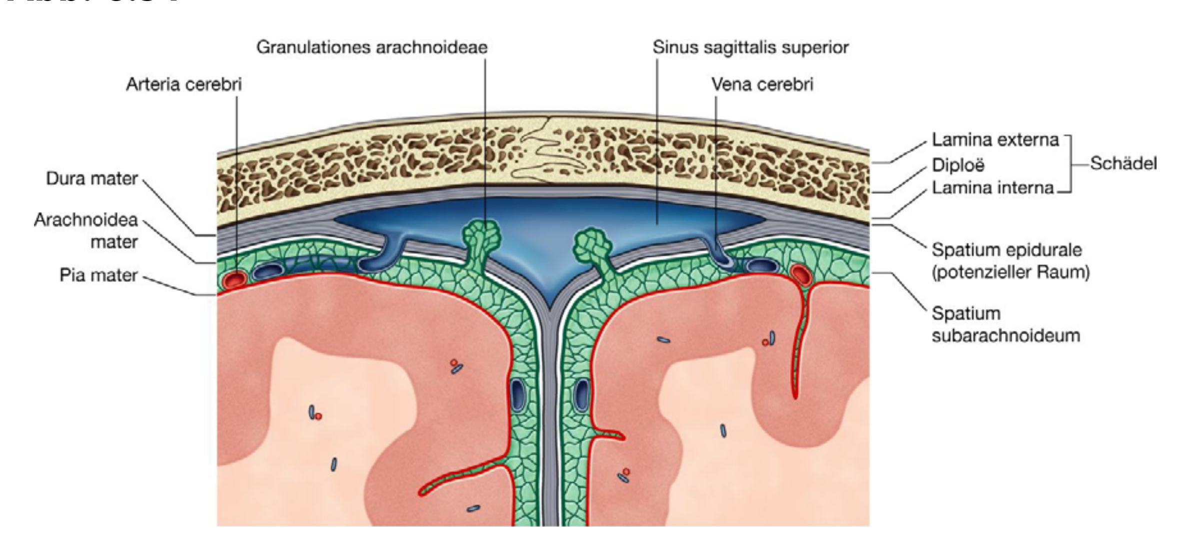
Aufgrund der besonderen Anordnung der Meningen weist die Schädelhöhle echte und mögliche Räume auf (Abb. 8.34) auf. Ein möglicher Raum (virtueller Raum; Raum, der beim Gesunden nicht vorhanden ist) liegt beispielsweise zwischen periostalem Blatt der Dura mater und dem Schädelknochen. Im Gegensatz dazu besteht zwischen Arachnoidea mater und Pia mater ein echter (realer) Raum.

Spatium epidurale

Der die Dura mater umgebende potenzielle Raum ist das **Spatium epidurale**. Die äußere periostale Schicht der Dura mater haftet fest am Schädelknochen. Zwischen beiden Strukturen besteht jedoch ein potenzieller Spaltraum.

Dieser potenzielle Raum kann bei Verletzung einer Meningealarterie zu einem realen flüssigkeitsgefüllten (Blut) Raum werden. Durch eine Blutung in den Epiduralraum entsteht ein epidurales Hämatom. Eine Blutung nach Riss einer Brückenvene (Venen, die die Venen der Hirnoberfläche, Venae cerebri, mit den Sinus verbinden) vor deren Eintritt in die Sinus durae matris führt zu einem subduralen Hämatom.

Abb. 8.34



Hirnhäute und äußerer Liquorraum.

815

816

Spatium subarachnoideum

Unterhalb der Arachnoidea mater befindet sich der einzige im Normalzustand flüssigkeitsgefüllte Raum der Meningen. Er entsteht, weil die Arachnoidea mater an der inneren Oberfläche der Dura mater haftet und nicht den Konturen der Hirnoberfläche folgt, die Pia mater aber der Hirnoberfläche anliegt und ihr in sämtliche Gyri und Sulci folgt. Somit existiert zwischen beiden Membranen ein schmaler Spalt (der **Subarachnoidalraum;** Abb. 8.34).

Der Subarachnoidalraum umgibt Gehirn und Rückenmark und ist an einigen Stellen erweitert. Diese Abschnitte werden als **Cisternae** subarachnoideae bezeichnet. Der Subarachnoidalraum enthält Liquor und Blutgefäße.

Der Liquor wird vom Plexus choroideus in den Hirnventrikeln gebildet. Liquor ist eine klare farb- und nahezu zellfreie Flüssigkeit, die im Subarachnoidalraum zirkuliert und so Gehirn und Rückenmark umspült.

Der Liquor gelangt nach allgemeiner Ansicht über **Villi arachnoidei** in das venöse System. Die Villi (Zotten) ragen in Gruppen **(Granulationes arachnoideae)** in den venösen Sinus sagittalis superior. Vermutlich fließt ein Teil auch über die Endoneuralräume der Hirn- und Spinalnerven in die Lymphbahnen ab. Letzteres ist nicht endgültig geklärt.

Klinik

Hydrocephalus Als Hydrocephalus bezeichnet man die Erweiterung der Gehirnventrikel aufgrund einer Verlegung in den inneren Liquorräumen, die den Liquorfluss behindert, durch eine Überproduktion an Liquor oder durch eine gestörte Reabsorption des Liquors.

Liquor wird von den Epithelzellen des Plexus choroideus in die Seitenventrikel, den dritten und in den vierten Ventrikel des Gehirns sezerniert (ca. 500 ml/Tag). Anschließend gelangt er aus den Seitenventrikeln über die Foramina interventricularia (Monro-Foramen) in den dritten Ventrikel. Vom dritten Ventrikel fließt der Liquor durch den Aqueductus mesencephali (Aqueductus Sylvii) in den vierten Ventrikel und gelangt schließlich über die in der Mittellinie gelegene Apertura mediana (Magendie-Öffnung) oder über die beiden seitlichen Aperturae laterales (Luschka-Öffnungen) in die äußeren Liquorräume (in den Subarachnoidalraum).

Der Liquor umgibt im kaudalen Abschnitt das Rückenmark und kranial das Gehirn. Die Resorption erfolgt wie bereits erwähnt über die Granulationes arachnoideae in den Wänden der venösen Sinus durae matris sowie an den Austrittsstellen der Spinalnerven aus dem Rückenmarkskanal.

Beim Erwachsenen entsteht ein Hydrocephalus (Wasserkopf) meist durch eine Störung der normalen Liquorresorption an den Granulationes arachnoideae, beispielsweise bei einer Subarachnoidalblutung. Das Blut im Subarachnoidalraum kann die normale Liquorresorption behindern. Um die Entstehung eines schweren Hydrocephalus zu verhindern, kann das Einbringen eines kleinen Katheters erforderlich werden, der durch das Hirnparenchym in das Ventrikelsystem vorgeschoben wird, um den Druck zu vermindern.

Weitere Ursachen eines Hydrocephalus sind z.B. eine angeborene Verlegung des Aqueductus Sylvii oder verschiedene Tumoren (z.B. ein Tumor des Mesencephalons), die den Aqueductus komprimieren. Zu den seltenen Ursachen gehören Tumoren des Plexus choroideus.

Bei Kindern ist ein fortgeschrittener Hydrocephalus immer sehr schwerwiegend. Durch den Hydrocephalus werden die Ventrikel stark erweitert mit Vergrößerung des gesamten Gehirns. Da die Schädelnähte noch nicht verschlossen sind, vergrößert sich der gesamte Hirnschädel. Eine Vergrößerung des Hirnschädels in utero macht eine vaginale Entbindung unmöglich und erfordert einen Kaiserschnitt.

Mittels CT und MRT ist es dem Radiologen möglich, den Bereich der Obstruktion und oft auch deren Ursache zu bestimmen. Man muss die Vergrößerung der Ventrikel im Rahmen eines Hydrocephalus von Erweiterungen des Subarachnoidalraums und des Ventrikel-systems unterscheiden, die auf andere Ursachen (z.B. zerebrale Atrophie) zurückzuführen sind.

816

817

Klinik

Meningitis Die Meningitis ist eine seltene Entzündung der **Leptomeninx** (Arachnoidea und Pia mater werden zusammen als Leptomeninx bezeichnet). Eine Infektion der Meningen erfolgt typischerweise auf dem Blutweg, selten auch durch direkte Ausbreitung (z.B. nach einem Trauma) oder aufsteigend über die Lamina cribrosa des Os ethmoidale aus der Nasenhöhle.

Manche bakterielle Infektionen der Meningen sind so ausgeprägt, dass die mit ihnen einhergehende starke Entzündung und Sepsis durch die Irritation des Gehirns schnell zu Koma und zum Tod führen können.

Normalerweise kann eine Meningitis mit Antibiotika behandelt werden.

Bestimmte Meningitisbakterien erzeugen Neben-effekte. So sind z.B. subkutane Blutungen (Ekchymosen) eine Begleiterscheinung der Meningokokkenmeningitis.

Der typische Verlauf einer Meningitis ist zunächst unspezifisch. Die Patienten klagen oft über schwache Kopfschmerzen, Fieber, Schläfrigkeit und Übelkeit. Bei Fortschreiten der Entzündung können Photophobie (Lichtscheu) und Ekchymosen auftreten. Anheben des gestreckten Beins erzeugt deutliche Schmerzen im Nacken und Unbehagen (Kernig-Zeichen). Bei solchen Symptomen ist eine Notfallaufnahme ins Krankenhaus erforderlich.

Die Sofortbehandlung erfolgt durch intravenöse Gabe von sehr hoch dosierten Antibiotika und weiteren unterstützenden Maßnahmen.

DAS GEHIRN UND SEINE BLUTVERSORGUNG

Das Gehirn

Das Gehirn ist ein Teil des Zentralnervensystems.

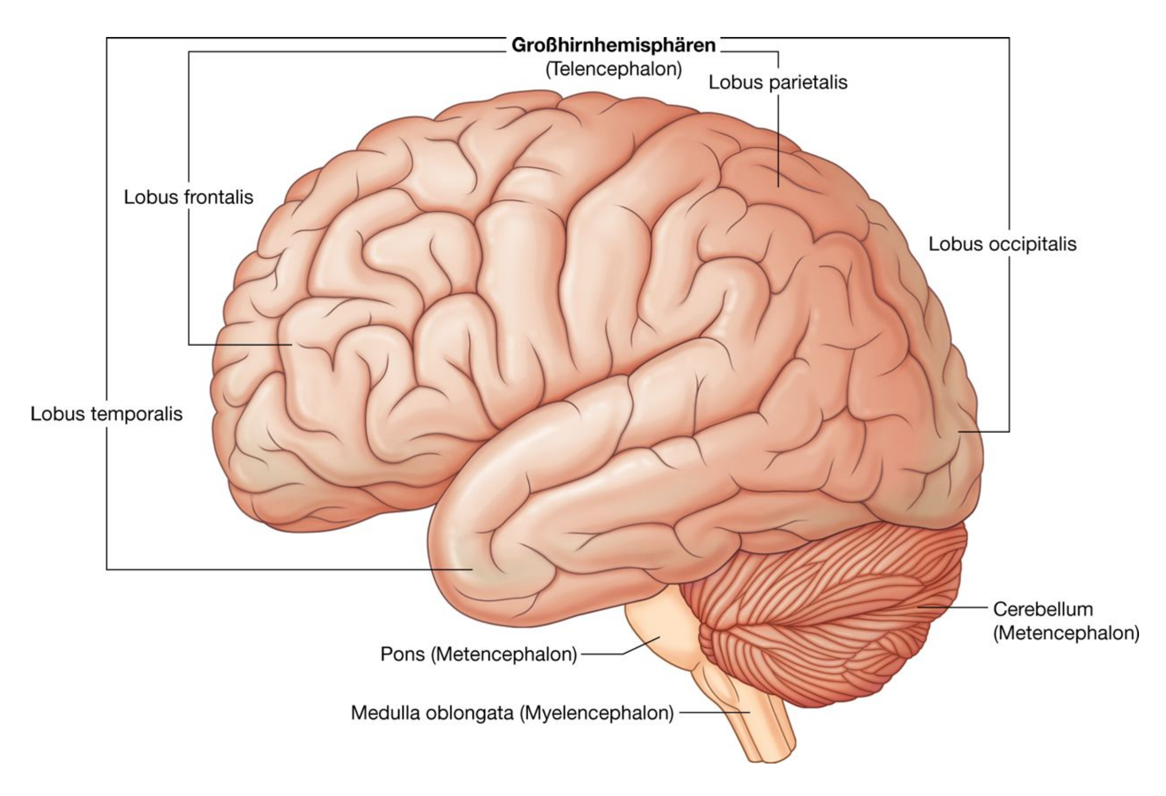
Während der Entwicklung können am Gehirn fünf zusammenhängende Abschnitte unterschieden werden (Abb. 8.35 und 8.36). Von rostral (oder kranial) nach kaudal sind dies:

- das **Telencephalon** (**Cerebrum**, Endhirn), aus dem die Großhirnhemisphären hervorgehen, deren Oberfläche Vorwölbungen (Gyri) und Vertiefungen (Sulci) aufweist. Die Hemisphären sind unvollständig durch die tiefe Fissura longitudinalis cerebri voneinander getrennt und nehmen den Raum im Schädel oberhalb des Tentorium cerebelli ein. Sie werden aufgrund der räumlichen Gegebenheiten in Lappen unterteilt.
- das **Diencephalon** (Zwischenhirn), das am Gehirn des Erwachsenen von außen nicht sichtbar ist, da es von den Großhirnhemisphären bedeckt wird. Es besteht u. a. aus Thalamus und Hypothalamus und gilt als der am weitesten rostral gelegene Abschnitt des Hirnstamms.
- das **Mesencephalon** (Mittelhirn) als der erste Teil des Hirnstamms, der beim Betrachten des vollständigen Gehirns sichtbar ist. Es befindet sich am Übergang zwischen mittlerer und hinterer Schädelgrube und liegt mit Anteilen in beiden Räumen.
- das **Metencephalon** (Cerebellum und Pons), aus dem das Cerebellum (besteht aus zwei lateralen Hemisphären und einem in der Mittellinie gelegenen Anteil; liegt in der hinteren Schädelgrube unterhalb des Tentorium cerebelli) und die Pons (Brücke; sie liegt vor dem Cerebellum und ist ein vorgewölbter Teil des Hirnstamms im vorderen Bereich der hinteren Schädelgrube, der dem Clivus und dem Dorsum sellae anliegt) hervorgehen.
- das **Myelencephalon** (Medulla oblongata), der am weitesten kaudal gelegene Anteil des Hirnstamms, der am Foramen magnum oder an den oberen Wurzeln des ersten Zervikalnervs endet und an dem die Hirnnerven [VI] bis [XII] befestigt sind.

817

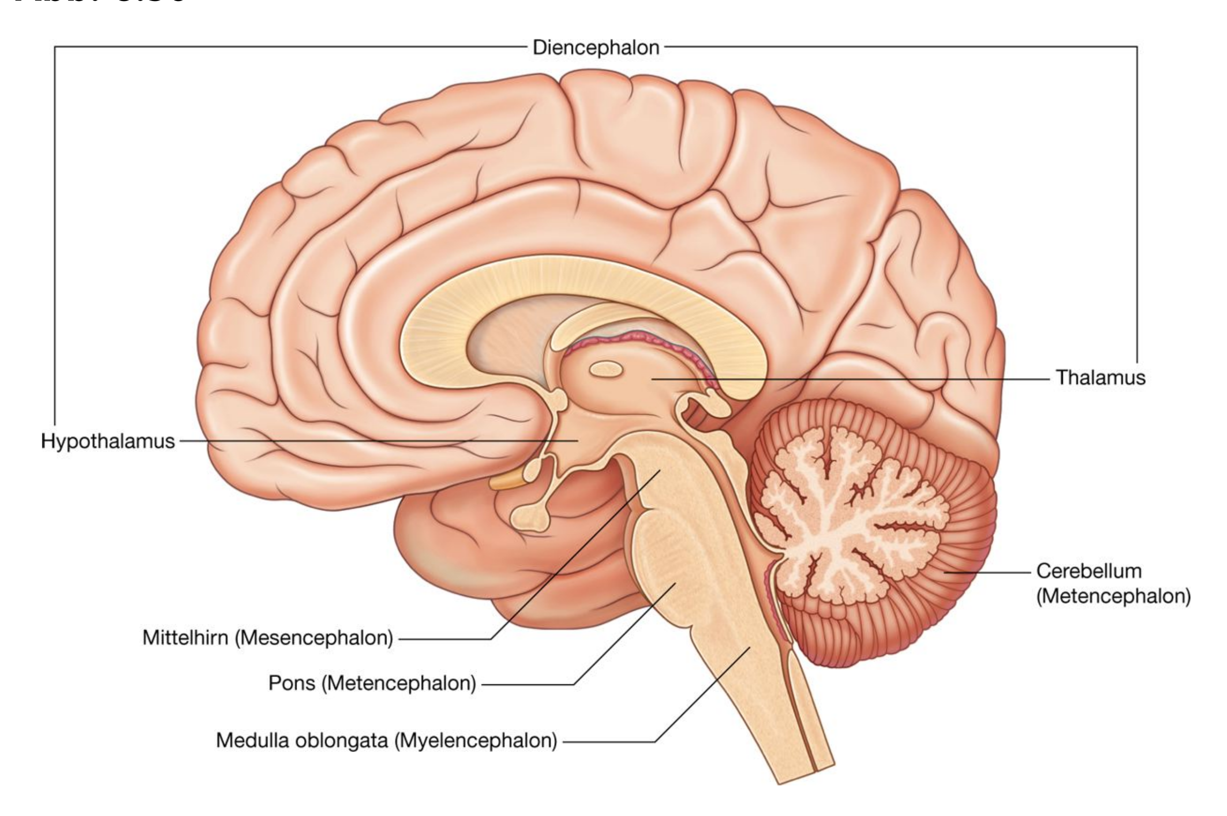
818

Abb. 8.35



Seitenansicht des Gehirns.

Abb. 8.36



Sagittalschnitt durch das Gehirn.

818

819

Klinik

Hirntumoren Die Bestimmung der anatomischen Struktur und des Gewebes, aus dem ein Tumor hervorgeht, ist von äußerster Wichtigkeit. Das gilt auch für Tumoren, die in der Schädelhöhle entstehen. Eine Fehldeutung der Lage eines Tumors und seines Ursprungsgebiets kann gravierende Folgen für den Patienten haben.

Bei der Beurteilung eines Hirntumors muss ermittelt werden, ob der Tumor innerhalb des Gehirns (intraaxial) oder außerhalb des Gehirns (extraaxial) liegt.

Typische extraaxiale Tumoren sind z.B. Meningeome (Tumoren der Meningen) und Akustikusneurinome. Meningeome gehen normalerweise aus den Meningen hervor und kommen am häufigsten an der Falx cerebri und an den freien Rändern des Tentorium cerebelli sowie am Vorderrand der mittleren Schädelgrube vor. Akustikusneurinome bilden sich typischerweise am Nervus vestibulocochlearis [VIII], in dessen Umgebung und am Kleinhirnbrückenwinkel.

Intraaxiale Tumoren kommen als primäre oder sekundäre Form vor. Am weitaus häufigsten sind sekundäre Hirntumoren, die in den meisten Fällen Metastasen extrakranieller Tumoren darstellen, insbesondere bei Brustkrebs oder Lungenkrebs. Aber auch zahlreiche andere bösartige Tumoren metastasieren in das Gehirn.

Primäre Hirntumoren sind selten und reichen von benignen bis zu extrem aggressiven Tumoren mit schlechter Prognose. Diese Tumoren gehen aus verschiedenen Zelllinien hervor und sind z.B. Gliome, Oligodendrogliome oder Tumoren des Plexus choroideus. Primäre Hirntumoren können in jedem Alter auftreten. Es gibt jedoch einen kleinen Anstieg der Inzidenz in den ersten Lebensjahren, gefolgt von einem zweiten Gipfel im jungen bis mittleren Erwachsenenalter.

Blutversorgung

Das Gehirn erhält seine arterielle Blutversorgung aus zwei paarigen Gefäßen, den **Arteriae vertebrales** und den **Arteriae carotides internae** (Abb. 8.37), die in der Schädelhöhle miteinander in Verbindung stehen und so den **Circulus arteriosus** (Willisii) bilden.

Die beiden Arteriae vertebrales treten durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle ein und vereinigen sich etwas unterhalb des Pons zur **Arteria basilaris**.

Die beiden Arteriae carotides internae erreichen die Schädelhöhle beidseits durch den Canalis caroticus.

Arteria vertebralis

Die Arteria vertebralis geht im unteren Bereich des Halses aus dem Anfangsteil der **Arteria subclavia** ab und zieht durch die Foramina transversaria der sechs oberen Halswirbel nach kranial. (Ein variabler Eintritt erst in den 5., 4. oder 3. Halswirbel kann auch vorkommen.) Beim Eintritt in die Schädelhöhle durch das Foramen magnum gibt jede Arteria vertebralis einen kleinen Ast zu den Meningen ab.

Im weiteren Verlauf gibt die Arteria vertebralis drei Äste ab, bevor sie sich mit der Arteria vertebralis der Gegenseite zur Arteria basilaris vereinigt (Abb. 8.38):

Abb. 8.37

Arterielle Blutversorgung des Gehirns. **A**. Zeichnung.

- Der erste Ast führt nach kaudal und vereinigt sich mit dem Ast der Gegenseite zur unpaaren **Arteria spinalis anterior**, die anschließend in der Fissura mediana anterior des Rückenmarks nach kaudal verläuft.
- Der zweite Ast ist die **Arteria spinalis posterior**, die sich nach dorsal wendet, um die Medulla oblongata zieht und dann beidseits auf der Hinterfläche des Rückenmarks im Bereich der Radices posteriores nach kaudal absteigt.
- Kurz vor der Vereinigung beider Arteriae vertebrales zur Arteria basilaris gibt jede Arteria vertebralis noch eine **Arteria inferior posterior cerebelli** ab.

819
820

Abb. 8.37



B. Normalbefund der Arteriae carotides und Arteriae vertebrales im Magnetresonanzangiogramm. **C**. 3D-CT-Rekonstruktion der Arteriae carotides und vertebrales.

Die Arteria basilaris verläuft entlang der Vorderfläche des Pons in rostraler Richtung (Abb. 8.38). Sie gibt von kaudal nach rostral folgende Äste ab: die **Arteria inferior anterior cerebelli**, zahlreiche kleine **Arteriae pontis** sowie die **Arteriae superiores cerebelli**. Die Arteria basilaris endet mit der Gabelung in die zwei **Arteriae cerebri posteriores**.

Arteria carotis interna

Die Arteriae carotides internae sind die beiden Endäste der Arteria carotis communis (Abb. 8.37). Sie verlaufen kranial zur Schädelbasis, in die sie durch den Canalis caroticus eintreten.

Nach Eintritt in die Schädelhöhle gibt jede Arteria carotis interna eine **Arteria ophthalmica**, eine **Arteria communicans posterior**, eine **Arteria cerebri media** und eine **Arteria cerebri anterior** ab (Abb. 8.38).

Circulus arteriosus

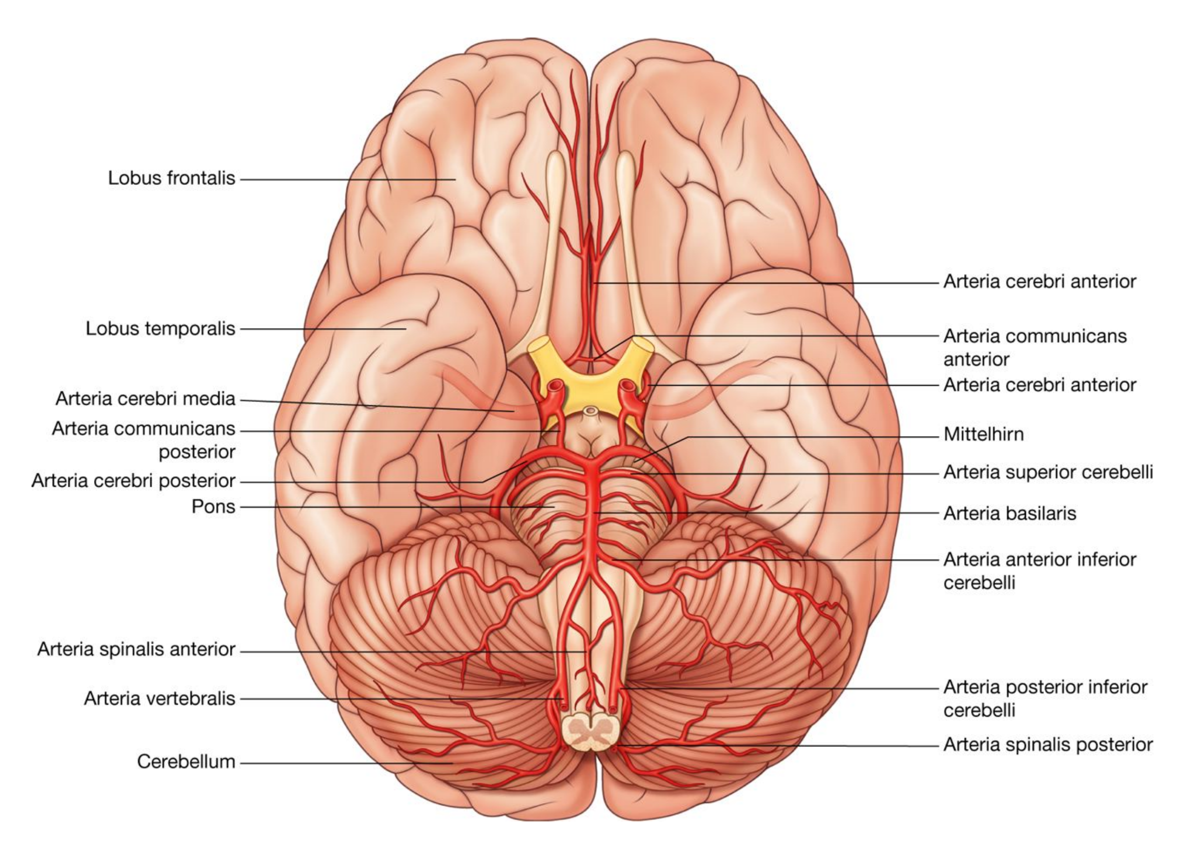
Der Circulus arteriosus cerebri (Willisii) wird an der Hirnbasis aus miteinander in Verbindung stehenden Gefäßen des vertebrobasilaren und des Carotisinterna-Systems gebildet (Abb. 8.37). Die Anastomosen werden gebildet durch (Abb. 8.37 und 8.38):

- eine Arteria communicans anterior, die die linke und rechte Arteria cerebri anterior miteinander verbindet.
- zwei Arteriae communicantes posteriores, die jeweils die Arteria carotis interna mit der Arteria cerebri posterior verbinden.

820

821

Abb. 8.38



Arterien der Hirnbasis.

Klinik

Schlaganfall (Apoplex)

Als Schlaganfall bezeichnet man die akute Entwicklung eines fokalen neurologischen Ausfalls infolge einer örtlichen oder diffusen zerebralen Minderdurchblutung.

Zu den Ursachen eines Schlaganfalls gehören zerebrale Thrombosen, zerebrale Blutungen, Sub-arachno-idalblutun-gen oder, wie in den meisten Fällen, ein zerebraler Embolus. Meist kommt es im Rahmen einer Atherosklerose zu einer Verlegung kleiner zerebraler Gefäße durch Emboli, die aus atherosklerotischen Plaques proximal gelegener Gefäße des Hals- oder Brustbereichs hervorgehen.

Bei den meisten Patienten kann eine atherosklerotische Plaque an der Aufzweigung der Arteria carotis communis in Arteria carotis interna und Arteria carotis externa festgestellt werden. Mit der Zeit vergrößert sich die Karotisplaque und sorgt schließlich für eine deutliche Stenose. Während die Stenose fortschreitet, kommt es durch lokale Strömungswirbel zu einem gestörten Blutfluss, der die Entstehung thrombozytärer und atherosklerotischer Emboli begünstigt. Die Emboli schießen mit dem Blutstrom in ein intrakranielles Gefäß und verlegen es. Etwa nach fünf bis acht Minuten stirbt das Gewebe im Infarktgebiet ab (Hirninfarkt, Abb. 8.39).

Im Rahmen einer Ischämie kann die Symptomatik weniger als 24 h dauern (transitorische ischämische Attacken = TIA, meist unter einer Stunde) oder sich nach mehr als 24 h bis 21 Tagen teilweise bis vollständig zurückbilden (prolongiertes reversibles ischämisches neurologisches Defizit = PRIND). TIA und PRIND sind jedoch meist ein Hinweis auf eine erforderliche Behandlung des Patienten.

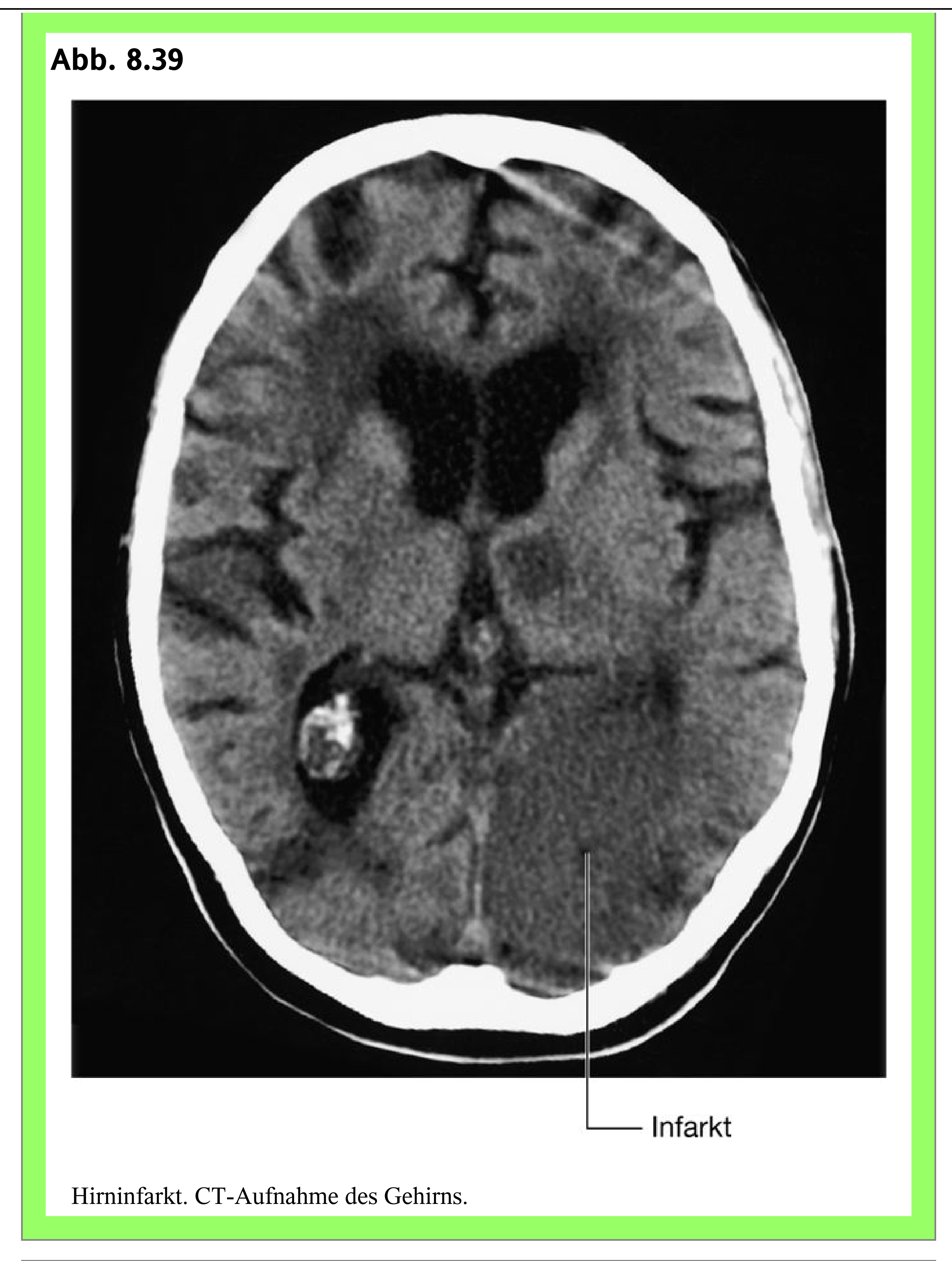
821

822

Maßnahmen zur Prophylaxe weiterer Schlaganfälle umfassen zunächst eine grundlegende Änderung der Lebensweise, die Behandlung einer bestehenden Hypertonie und eine medikamentöse Behandlung zur Hemmung der Thrombozytenaggregation (z.B. mit niedrig dosierter Acetylsalicylsäure), um die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Blutgerinnseln und deren Embolisation in das zerebrale Gefäßsystem zu verringern.

Bei Patienten mit ausgeprägten Stenosen der Arteriae carotides ist ein chirurgischer Eingriff indiziert. Hierbei werden der Stenosebezirk reseziert und das Gefäßsystem durch eine Gefäßprothese ersetzt.

Abb. 8.39



Hirninfarkt. CT-Aufnahme des Gehirns.

Klinik

Intrazerebrale Aneurysmen

Zerebrale Aneurysmen gehen von Gefäßen des Circulus arteriosus (Willisii) und dessen Umgebung aus. Sie treten typischerweise in der Arteria communicans anterior, der Arteria

communicans posterior, den Ästen der Arteria cerebri media, im distalen Bereich der Arteria basilaris (Abb. 8.40) und in der Arteria posterior inferior cerebelli auf.

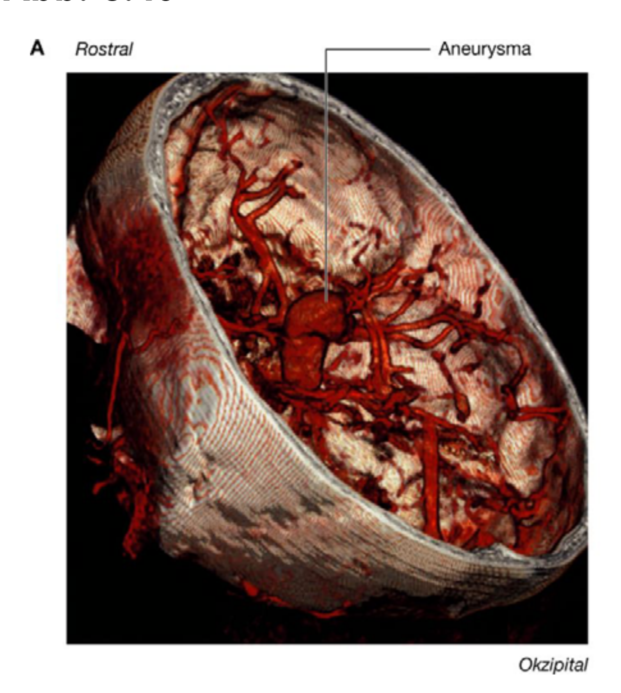
Da Aneurysmen progredient größer werden, besteht ein hohes Risiko einer Rupturierung. Typischerweise sind die Patienten aber völlig beschwerdefrei. Prodromi oder Symptome sind nicht bekannt. Wenn das Aneurysma rupturiert, klagt der Patient über plötzlich auftretende „stechende" Kopfschmerzen, die Nackensteifigkeit und Erbrechen auslösen können. Bei einigen Patienten führt dies zum Tod; viele Patienten erreichen jedoch rechtzeitig das Krankenhaus. Hier wird die Diagnose gestellt. Eine sofort durchgeführte CT zeigt Blut im Subarachnoidalraum. Hieraus kann auf eine intrazerebrale Blutung geschlossen werden. Zu den weiteren Untersuchungen gehören in der Regel eine zerebrale Angiographie, die Aufschluss über Position und Ursprung des Aneurysmas gibt.

Normalerweise müssen sich die Patienten einer aufwändigen Operation unterziehen, bei der der Aneurysmenhals unterbunden wird. In letzter Zeit wird die herkömmliche Behandlung bestimmter Aneurysmen zunehmend durch radiologische Interventionen abgelöst. Bei dieser Behandlung wird eine Kanüle in die Arteria femoralis eingeführt, über die ein langer Katheter durch die Aorta bis in das Karotisstromgebiet vorgeschoben wird. Über das Ende des Katheters wird ein mit Mikrospiralen gefülltes Netz in den Aneurysmabezirk eingebracht (Abb. 8.41), das den rupturierten Bezirk abdichtet.

822

823

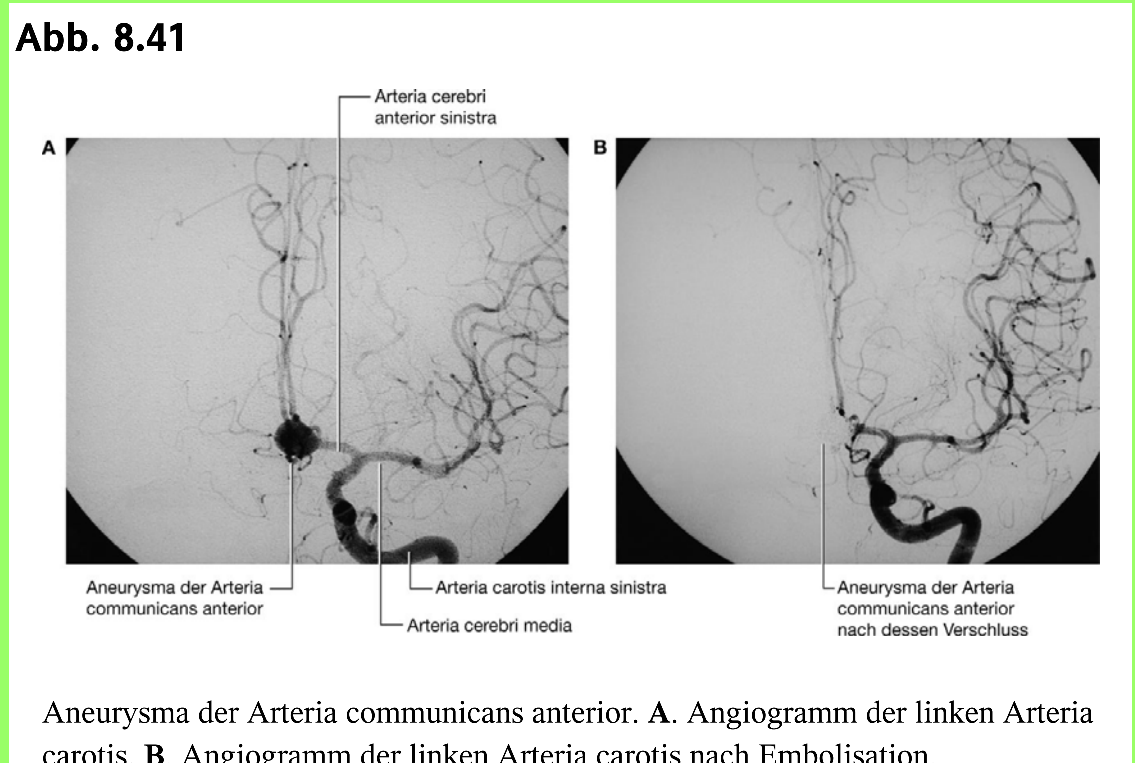
Abb. 8.40





Aneurysma der Arteria basilaris. **A**. Dreidimensionale Rekonstruktion einer CT-Angiographie. **B**. Vergrößerte Ansicht des Aneurysmas.

Abb. 8.41



Aneurysma der Arteria communicans anterior. **A**. Angiogramm der linken Arteria carotis. **B**. Angiogramm der linken Arteria carotis nach Embolisation.

823
824

Venöser Abfluss

Der venöse Abfluss des Gehirns beginnt im Inneren als Netzwerk kleiner venöser Blutleiter, die in größere zerebrale Venen (Venae cerebri), Kleinhirnvenen und Venen des Hirnstamms münden. Letztere entleeren sich wiederum in die venösen Sinus durae matris. Die **venösen Sinus durae matris** sind mit Endothel ausgekleidete Räume zwischen dem äußeren periostalen und dem inneren meningealen Blatt der Dura mater. Sie münden letztendlich in die **Vena jugularis interna**.

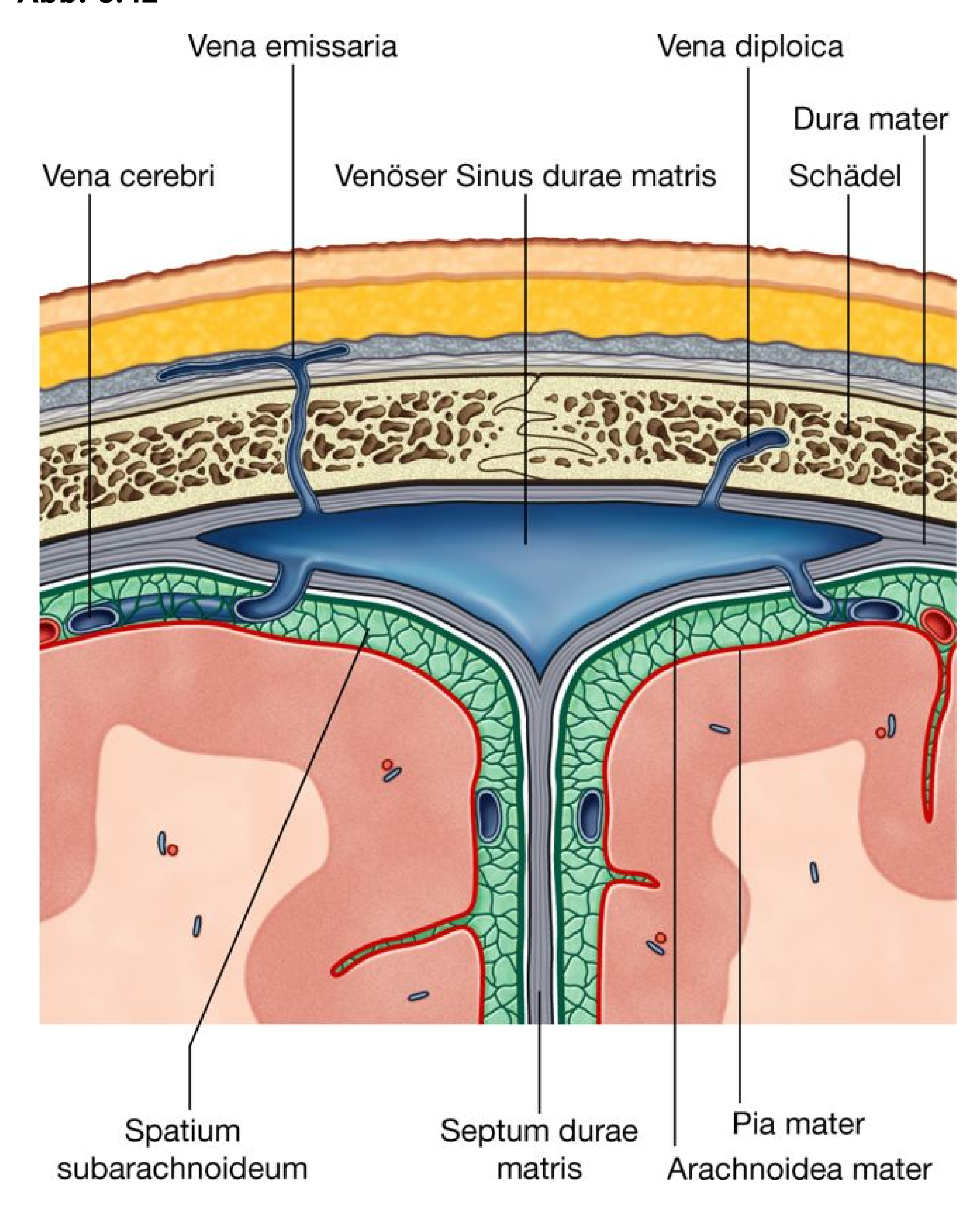
Die **Venae diploicae**, die in der Diploë zwischen den Laminae interna und externa des Schädeldachs entspringen, münden ebenfalls in die venösen Sinus durae matris, genauso wie die **Venae emissariae**, die von der Kopfschwarte durch die Schädeldecke treten und in die venösen Sinus durae matris einmünden (Abb. 8.42).

Die Venae emissariae besitzen keine Venenklappen. Sie sind daher von klinischer Bedeutung, da sie einen Weg darstellen, durch den Infektionserreger in das Schädelinnere gelangen können.

Venöse Sinus durae matris

Die venösen Sinus durae matris umfassen die Sinus sagittalis superior, sagittalis inferior, rectus, transversus und sigmoideus, die Sinus occipitales, ferner den Confluens sinuum, die Sinus cavernosus, sphenoparietalis, petrosus superior und petrosus inferior sowie den Plexus basilaris (Abb. 8.43, Tab. 8.3).

Abb. 8.42



Venöse Sinus durae matris.

Sinus sagittalis superior

Der Sinus sagittalis superior liegt im Oberrand der Falx cerebri. Er beginnt rostral am Foramen caecum. Hier mündet gelegentlich eine kleine Vena emissaria aus der Nasenhöhle in den Sinus. Dorsal endet er am Confluens sinuum. Dabei biegt er normalerweise leicht nach rechts ab, um in den rechten Sinus transversus zu münden.

Der Sinus sagittalis superior erhält normalerweise Zuflüsse aus den Venae superiores cerebri, Venae diploicae und Venae emissariae sowie aus Venen der Falx cerebri.

Sinus sagittalis inferior und Sinus rectus

Der Sinus sagittalis inferior befindet sich im Unterrand der Falx cerebri. Er erhält Zuflüsse aus den Venae cerebri sowie aus Venen der Falx cerebri und endet dorsal am Vorderrand des Tentorium cerebelli. Hier vereinigt er sich mit der Vena magna cerebri zum Sinus rectus (Abb. 8.43).

Der Sinus rectus verläuft weiter nach dorsal entlang der Verbindung von Falx cerebri und Tentorium cerebelli und endet im Confluens sinuum. Zuvor biegt er normalerweise leicht nach links ab und mündet in den linken Sinus tansversus ein.

Der Sinus rectus erhält normalerweise Blut aus dem Sinus sagittalis inferior, aus Venae cerebri des hinteren Anteils der Großhirnhemisphären, aus der Vena magna cerebri, die die tief gelegenen Gebiete der Großhirnhemisphären drainiert, sowie aus den Venae superiores cerebelli und aus Venen der Falx cerebri.

Confluens sinuum, Sinus transversus und Sinus sigmoideus

Sinus sagittalis superior, rectus und occipitalis (in der Falx cerebelli) münden alle in den Confluens sinuum, einen erweiterten Raum an der Protuberantia occipitalis interna (Abb. 8.43), dessen Blut in den rechten und linken Sinus transversus abfließt.

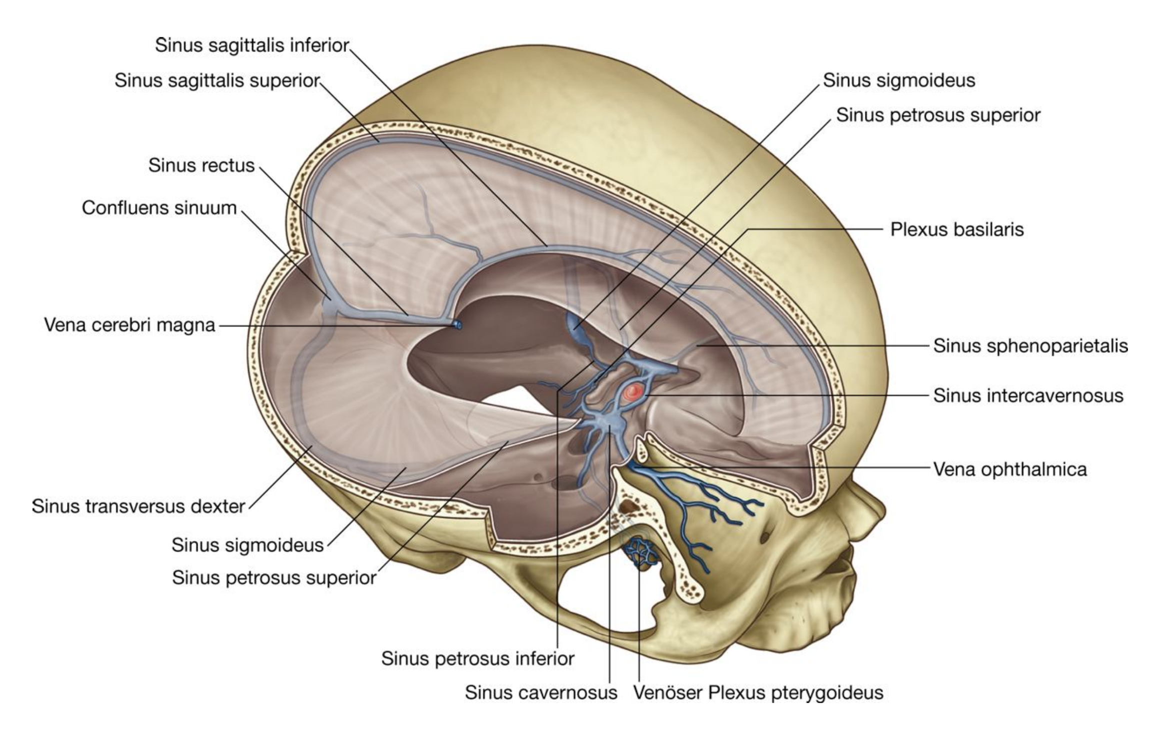
Der paarige Sinus transversus verläuft vom Confluens sinuum aus in horizontaler Richtung entlang der Anheftungslinie des Tentorium cerebelli an der lateralen und hinteren Wand der Schädelhöhle.

Der rechte Sinus transversus nimmt gewöhnlich das Blut aus dem Sinus sagittalis superior auf; der linke Sinus transversus sammelt Blut aus dem Sinus rectus.

Die Sinus transversi erhalten zudem Blut aus dem Sinus petrosus superior, aus Venen des unteren Anteils der Großhirnhemisphären und des Cerebellums sowie aus Venae diploicae und Venae emissariae.

824

Abb. 8.43



Venen, Meningen und venöse Sinus durae matris.

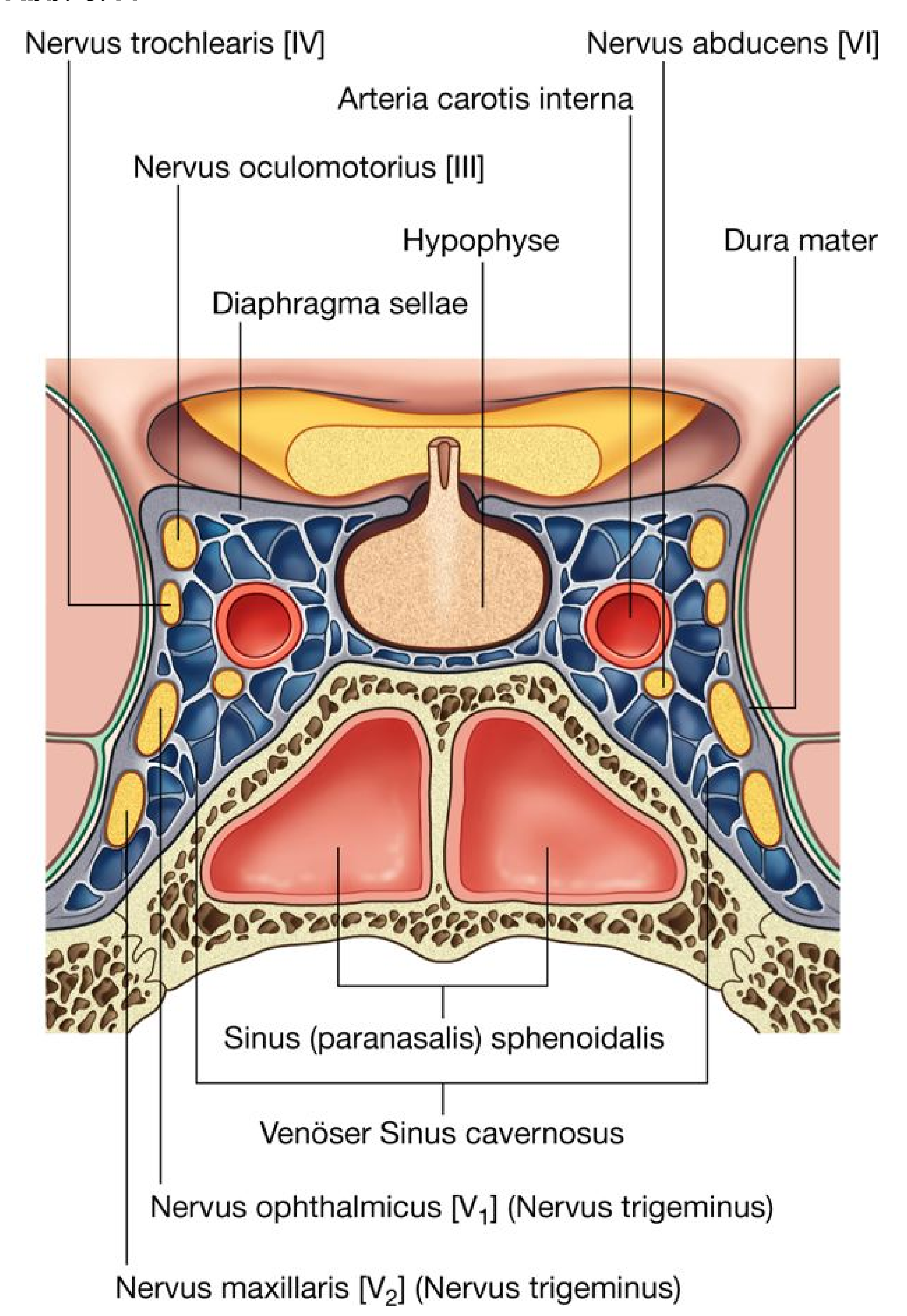
Wenn die Sinus transversi die Oberfläche des Os occipitale verlassen, werden sie per Definition zu Sinus sigmoidei (Abb. 8.43). Die Sinus sigmoidei biegen nach kaudal um und verlaufen in einem S-förmigen Sulcus über die Ossa parietale, temporale und occipitale, um schließlich in die Venae jugulares einzumünden. Die Sinus sigmoidei erhalten zudem Blut aus Venae cerebri, Venae cerebelli, Venae diploicae und Venae emissariae.

Sinus cavernosus

Der paarige Sinus cavernosus liegt beidseits der Sella turcica der lateralen Fläche des Corpus ossis sphenoidalis auf (Abb. 8.44). Er ist aufgrund seiner Ausdehnung und der Strukturen, die ihn durchqueren, von großer klinischer Relevanz.

Der Sinus cavernosus erhält nicht nur Zuflüsse aus den Venae cerebri, sondern auch aus den Venae ophthalmicae (aus der Orbita) und Venae emissariae (aus dem venösen Plexus pterygoideus in der Fossa infratemporalis). *Diese Verbindungen stellen mögliche Infektionswege von extrakranial nach intrakranial dar. Von klinischer Bedeutung ist ferner, dass die Strukturen, die den Sinus cavernosus durchqueren oder in seinen Wänden verlaufen, bei Entzündungen leicht geschädigt werden können.*

Abb. 8.44



Sinus cavernosus.

825

Tab. 8.3 Venöse Sinus durae matris

Sinus durae matris	Lage	Zuflüsse
Sinus sagittalis superior	Oberrand der Falx cerebri	Venae superiores cerebri, Venae diploicae, Venae emissariae und Liquor cerebrospinalis
Sinus sagittalis inferior	Unterrand der Falx cerebri	Einige Venae cerebri und Venen aus der Falx cerebri
Sinus rectus	Vereinigung von Falx cerebri und Tentorium cerebelli	Sinus sagittalis inferior, Vena magna cerebri, Venae cerebri posteriores, Venae superiores cerebelli und Venen der Falx cerebri
Sinus occipitalis	In der Falx cerebelli, dem Os occipitale anliegend	Kommuniziert kaudal mit dem venösen Plexus vertebralis
Confluens sinuum	Erweiterter Raum an der Protuberantia occipitalis interna	Sinus sagittalis superior, Sinus rectus und Sinus occipitalis
Sinus transversus (dexter und sinister)	Horizontal vom Confluens sinuum ausgehend, entlang der hinteren und lateralen Anheftungslinie des Tentorium cerebelli	Drainage des Confluens sinuum (rechts – Sinus transversus und normalerweise Sinus sagittalis superior; links – Sinus transversus und normalerweise Sinus rectus); außerdem Sinus petrosus superior, Venae inferiores cerebri, Venae cerebelli, Venae diploicae und Venae emissariae
Sinus sigmoideus (dexter und sinister)	Fortsetzung der Sinus transversi zur Vena jugularis interna; Sulcus in den Ossa parietale, temporale und occipitale	Sinus transversi und Venae cerebri, Venae cerebelli, Venae diploicae und Venae emissariae
Sinus cavernosus (paarig)	Laterale Fläche des Corpus ossis sphenoidalis	Venae cerebri und Venae ophthalmicae, Venae emissariae aus dem venösen Plexus pterygoideus, Sinus sphenoparietalis
Sinus intercavernosus	Verläuft über die Sella turcica	Verbindet die Sinus cavernosi miteinander
Sinus sphenoparietalis (paarig)	Inferiore Fläche der Ala minor ossis sphenoidalis	Sinus cavernosus, Venae cerebri und Venae cerebelli
Sinus petrosus superior (paarig)	Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis	Sinus cavernosus, Venae cerebri und Venae cerebelli
Sinus petrosus inferior (paarig)	Furche zwischen Pars petrosa ossis temporalis und Os occipitale, endet in der Vena jugularis interna	Sinus cavernosus, Venae cerebelli und Venen aus dem Innenohr und dem Hirnstamm
Plexus basilaris	Clivus, unmittelbar hinter der Sella turcica des Os sphenoidale	Verbindet die paarigen Sinus petrosi inferiores und kommuniziert mit dem venösen Plexus vertebralis

Den Sinus cavernosus durchqueren:

- Arteria carotis interna
- Nervus abducens [VI].

Strukturen, die in der lateralen Wand des Sinus cavernosus verlaufen, sind von kranial nach kaudal:

- Nervus oculomotorius [III]

- Nervus trochlearis [IV]
- Nervus ophthalmicus [V_1]
- Nervus maxillaris [V_2].

Rechter und linker Sinus cavernosus sind durch Sinus intercavernosi verbunden, die vor und hinter dem Hypophysenstiel verlaufen (Abb. 8.43).

Die Sinus sphenoparietales münden jeweils in das vordere Ende des Sinus cavernosus ein. Sie befinden sich an der inneren Oberfläche der Ala minor des Os sphenoidale und nehmen Blut aus Venae diploicae und Venae meningeae auf.

Sinus petrosus superior und Sinus petrosus inferior

Der Sinus petrosus superior leitet das Blut des Sinus cavernosus in den Sinus transversus ab. Jeder Sinus petrosus superior beginnt am dorsalen Ende des Sinus cavernosus und zieht entlang dem Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis nach posterolateral. Er führt zum Sinus transversus (Abb. 8.43). Der Sinus petrosus superior erhält zudem Blut aus Venae cerebri und Venae cerebelli.

Der Sinus petrosus inferior beginnt ebenfalls am dorsalen Ende des Sinus cavernosus. Der paarige Sinus zieht in einer Furche zwischen Pars petrosa ossis temporalis und Pars basilaris ossis occipitalis nach dorsokaudal und endet schließlich in der Vena jugularis interna. Der Sinus petrosus inferior erhält Zuflüsse aus Sinus cavernosi, Venae cerebelli, Venen des Innenohrs und Venen des Hirnstamms.

826

827

Der Plexus basilaris verbindet beide Sinus petrosi inferiores untereinander und mit dem venösen Plexus vertebralis. Er liegt unmittelbar hinter der Sella turcica ossi sphenoidalis auf dem Clivus (Abb. 8.43).

Klinik

Kopfverletzungen Kopfverletzungen treten häufig auf und stellen eine wichtige Morbiditäts- und Todesursache dar. Sie kommen insbesondere bei jungen Männern vor und sind für 10 % aller Todesfälle dieser Altersgruppe verantwortlich. Kopfverletzungen treten zum Teil isoliert, meist aber zusammen mit weiteren Verletzungen auf und sollten immer bei polytraumatisierten Patienten in Betracht gezogen werden. 50 % der polytraumatisierten Patienten sterben an den Folgen einer Kopfverletzung.

Zum Zeitpunkt der primären Kopfverletzung finden zwei Vorgänge statt:

- Zunächst kann als Folge der Scher- und Bremskräfte innerhalb des Gehirns eine primäre Hirnschädigung mit primärer Schädigung von Axonen und Perikaryen entstehen. Diese Verletzungen sind im Allgemeinen irreversibel. Zu den weiteren primären Hirnverletzungen gehören intrazerebrale Blutungen und penetrierende Verletzungen, die direkt graue und weiße Substanz zerstören.

- Sekundäre Schädigungen sind Folgeerscheinungen des initialen Traumas. Zu ihnen gehören das Einreißen der Kopfschwarte, Frakturen des Schädeldachs, Rupturen intrazerebraler Arterien und Venen, intrazerebrale Ödeme und Infektionen. Bei rechtzeitiger Diagnosestellung sind diese Schädigungen in den meisten Fällen behandelbar; allerdings hängt die Prognose entscheidend von einer schnellen und effektiven Behandlung der Patienten ab.

Klinik

Formen intrakranieller Blutungen

Primäre Hirnblutung

Es gibt zahlreiche Ursachen für eine primäre Hirnblutung, wie die Ruptur eines Aneurysmas, eine Hypertonie (intrazerebrale Hämatome als Folge von Bluthochdruck) und Blutungen nach einem Hirninfarkt.

Epiduralhämatom

Ein Epiduralhämatom (Abb. 8.45) entsteht durch Schädigung einer Arterie und tritt meist durch eine Ruptur der Arteria meningea media oder ihrer Äste auf. Dies passiert typischerweise im Bereich des Pterions. In der Folge kommt es aufgrund des hohen arteriellen Blutdrucks zur Einblutung zwischen das periostale Blatt der Dura mater und den Schädelknochen. Die Blutung schreitet so lange fort, bis sich arterieller Blutdruck und Schädelbinnendruck die Waage halten.

Abb. 8.45



Epiduralhämatom. Axiale CT-Aufnahme des Gehirns.

827
828

Auslöser ist typischerweise ein Schlag auf den Kopf (oft beim Sport), häufig mit kurzer Bewusstlosigkeit. Nach der Verletzung kommt der Patient normalerweise wieder zu sich und erlebt eine Phase bei klarem Bewusstsein, die einige Stunden andauern kann. Danach folgen eine schnell einsetzende Schläfrigkeit mit Übergang in die Bewusstlosigkeit, die unbehandelt schnell zum Tod führen kann.

Subduralhämatom

Ein Subduralhämatom (Abb. 8.46) entsteht zwischen Dura mater und Arachnoidea mater durch eine venöse Blutung, normalerweise bei Einriss von Brückenvenen (kleine Venen, welche die auf dem Gehirn verlaufenden Venae cerebri mit den Sinus verbinden; die Brückenvenen müssen durch das derbe meningeale Blatt der Dura mater treten, um die Sinus durae matris zu erreichen).

Jüngere und ältere Patienten tragen das höchste Risiko für subdurale Blutungen. Der vergrößerte Liquorraum bei Patienten mit zerebraler Atrophie sorgt für eine erhöhte Zugkraft auf die in den Sinus sagittalis superior übertretenden Brückenvenen. Zum klinischen Verlauf gehört meist eine Bagatellverletzung, die zu einer schleichenden Bewusstseinstrübung (Verwirrtheit, hohes Schlafbedürfnis, Müdigkeit, Abgeschlagenheit) oder Persönlichkeitsveränderungen führt.

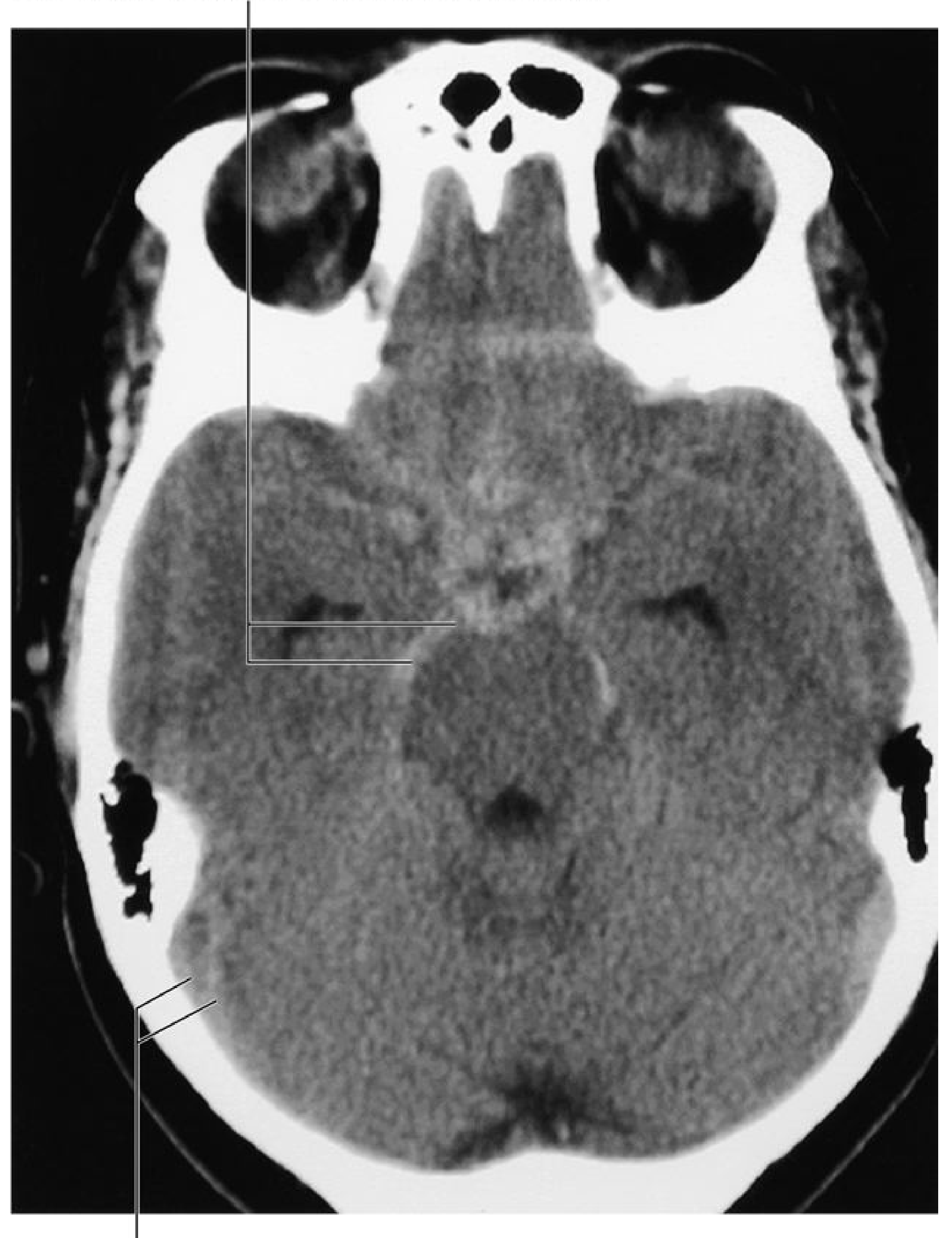
Abb. 8.46

Chronisches (hypodenses) Subduralhämatom. Axiale CT-Aufnahme des Gehirns.

Subarachnoidalblutung

Eine Subarachnoidalblutung (Abb. 8.47) kommt bei Patienten nach einer schweren Gehirnerschütterung vor. Meistens ist sie jedoch Folge eines rupturierten intrazerebralen Aneurysmas im Bereich der Gefäße des Circulus arteriosus (Willisii) oder dessen Umgebung.

Abb. 8.47



Subarachnoidalblutung. Axiale CT-Aufnahme des Gehirns.

Klinik

Klinische Diagnostik bei Patienten mit Schädelverletzungen

Die klinische Diagnostik bei Patienten mit Schädelverletzungen scheint oft relativ leicht zu sein, ist in Wirklichkeit aber alles andere als das.

Die Patienten weisen ein großes Spektrum verschiedener Verletzungsformen auf. Diese können vom einfachen Sturz bis zu komplexen Polytraumata reichen. Das Alter des Patienten und seine Fähigkeit, über die Verletzung und den Verletzungshergang Auskunft zu geben, sind entscheidende Faktoren.

Der Verletzungshergang sollte unbedingt dokumentiert werden, da einige Kopfverletzungen als Folge schwerer Körperverletzungen auftreten und der Arzt dann zur Aussage vor Gericht zu solchen Angaben fähig sein muss.

Die Bestimmung des Ausmaßes der Kopfverletzung kann sich als schwierig erweisen, da manche Verletzungen als Folge oder im Zusammenhang mit einer Alkoholvergiftung auftreten.

Auch nachdem die Diagnose gestellt ist und entsprechende Maßnahmen eingeleitet wurden, müssen die Umstände, unter denen die Verletzung geschah, sowie das Umfeld, in das der Patient zurückkehren wird, begutachtet werden, um weitere Verletzungen zu verhindern (z.B. bei älteren Personen, die über den unbefestigten Teppich auf einer Treppe stolpern).

Zur gründlichen klinischen Untersuchung gehört die Überprüfung aller Organsysteme, insbesondere des ZNS und des PNS. Der Bewusstseinsgrad muss ebenfalls erfasst und genauestens dokumentiert werden. Dies geschieht unter Verwendung der Glasgow-Koma-Skala, die es dem Arzt erlaubt, den Bewusstseinsgrad mit einem Zahlenwert zu beschreiben, sodass jegliche Verschlechterung oder Verbesserung gemessen und quantitativ erfasst werden kann.

Klinik

Behandlung von Kopfverletzungen

Die Möglichkeiten der Behandlung primärer Kopfverletzungen sind sehr begrenzt. Das Einreißen von Axonen und der resultierende Zelluntergang sind normalerweise irreversible Schäden. Wie bei den meisten Geweben kommt es auch im Gehirn nach einem Trauma zur Ödembildung um den Defektbereich, insbesondere an den Stellen, an denen die Blut-Hirn-Schranke geschädigt wurde. Da das Gehirn in einem festen Raum (der Schädelkapsel) eingeschlossen ist, wird durch eine ausgeprägte Schwellung eine Störung der Gehirnfunktionen ausgelöst. Zudem hat die Schwellung zwei weitere Effekte:

- Erstens behindert die Schwellung die Blutversorgung des Schädels, woraus ein kompensatorischer Anstieg des Blutdrucks resultiert.
- Handelt es sich zweitens um eine diffuse Schwellung des Gehirns, durch die das Gehirn schließlich samt Hirnstamm durch das Foramen magnum nach kaudal geschoben wird **(untere Einklemmung)**, kann es durch Kompression und Schädigung des Hirnstamms im Foramen magnum zum Ausfall der grundlegenden kardiorespiratorischen Funktionen kommen, was zum Tod führen kann. Fokale zerebrale Ödeme können dazu führen, dass sich eine Gehirnhälfte unter der Falx cerebri einklemmt **(subfalxäre Herniation)**.

Einfache Methoden zur Verhinderung der Ödembildung sind die Hyperventilation (diese beeinflusst den intrazerebralen Säure-Basen-Haushalt so, dass die Schwellung zurückgeht) und die intravenöse Gabe von Glukokortikoiden (deren Wirkung setzt jedoch verzögert ein).

Extrazerebrale Hämatome können chirurgisch behandelt werden.

Die Heilungschancen von Patienten mit Kopfverletzungen hängen davon ab, wie die sekundären Schädigungen behandelt werden. Selbst Patienten mit schweren Verletzungen können sich so erholen, dass sie imstande sind, ein normales Leben zu führen.

829
830

HIRNNERVEN

Die zwölf paarigen Hirnnerven sind Teil des peripheren Nervensystems (PNS; der erste und zweite Hirnnerv werden allerdings als „vorverlagerte“ Hirnanteile angesehen) und verlassen die Cavitas cranii (Schädelhöhle) durch Foramina oder Fissuren. Alle Hirnnerven mit Ausnahme des Nervus accessorius [XI] entspringen am Gehirn.

Außer den somatischen und viszeralen Anteilen, die den Spinalnerven ähnlich sind, besitzen einige Hirnnerven spezielle sensorische und motorische Komponenten (Tab. 8.4 und 8.5).

Spezielle Afferenzen dienen dem Hören, Sehen, Riechen, Schmecken und dem Gleichgewicht.

Spezielle Efferenzen dienen der Innervation von Muskulatur, die im Rahmen der Entwicklung aus den Kiemenbögen hervorgegangen ist.

Im Laufe der Embryogenese des Menschen werden sechs Kiemenbögen angelegt; der fünfte entwickelt sich allerdings nicht weiter. Aus jedem einzelnen sich entwickelnden Kiemenbogen geht ein bestimmter Hirnnerv oder ein Hirnnervenast hervor.

Diese Hirnnerven führen efferente Fasern zur Innervation der Kiemenbogenmuskulatur.

Die aus den fünf sich weiterentwickelnden Kiemenbögen hervorgehende Muskulatur wird folgendermaßen innerviert:

Tab. 8.4 Faserqualitäten der Hirnnerven

Faserqualität	Abkürzung	Allgemeine Funktion	Hirnnerven mit dieser Faserqualität
Allgemein-somatoafferent	ASA	Wahrnehmung von Berührung, Schmerz, Temperatur	Nervus trigeminus [V]; Nervus facialis [VII]; Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]
Allgemein-viszeroafferent	AVA	Afferente Informationen aus dem Viszeralbereich	Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]
Speziell-afferent*	SA	Geruch, Geschmack Sehen, Hören, Gleichgewicht	Nervus olfactorius [I]; Nervus opticus [II]; Nervus facialis [VII]; Nervus vestibulocochlearis [VIII]; Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]
Allgemein-somatoefferent	ASE	Motorische Innervation der Skelett-(Willkür-)Muskulatur	Nervus oculomotorius [III]; Nervus trochlearis [IV]; Nervus abducens [VI]; Nervus hypoglossus [XII]
Allgemein-viszeroefferent	AVE	Motorische Innervation von glatter Muskulatur, Herzmuskulatur und Drüsen	Nervus oculomotorius [III]; Nervus facialis [VII]; Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]
Branchiogen-efferent**	BE	Motorische Innervation der Skelettmuskulatur, die aus dem Mesoderm der Kiemenbögen hervorgeht	Nervus trigeminus [V]; Nervus facialis [VII]; Nervus glossopharyngeus [IX]; Nervus vagus [X]; Nervus accessorius [XI]

* speziell-sensorisch oder speziell-viszeroafferent (SVA): Riechen, Schmecken; speziell-somatoafferent (SSA): Sehen, Hören, Gleichgewicht.

** Speziell-viszeroefferent (SVE) oder branchialmotorisch Weitere Terminologie zur Beschreibung funktioneller Komponenten:

- erster Kiemenbogen – Nervus trigeminus [V_3]
- zweiter Kiemenbogen – Nervus facialis [VII]
- dritter Kiemenbogen – Nervus glossopharyngeus [IX]
- vierter Kiemenbogen – Nervus laryngeus superior des Nervus vagus [X]
- sechster Kiemenbogen – Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X].

Nervus olfactorius [I]

Der **Nervus olfactorius [I]** enthält speziellafferente (SA, *sensorische*) Fasern des Geruchsinns. Seine sensorischen Neurone besitzen

- periphere Fortsätze, die als Rezeptoren in der Nasenschleimhaut dienen
- zentrale Fortsätze, die Informationen zum Gehirn leiten.

Die Rezeptoren befinden sich im Dach und im oberen Abschnitt der Nasenhöhle. Die zentralen Fortsätze vereinigen sich zu kleinen Bündeln und treten durch die Lamina cribrosa des Os ethmoidale in die Schädelhöhle (Abb. 8.49). Sie bilden mit sekundären Neuronen im Bulbus olfactorius Synapsen (Abb. 8.49).

Nervus opticus [II]

Der **Nervus opticus [II]** führt (*sensorische*) SA-Fasern für das Sehen. Die Fasern leiten Informationen der Photorezeptoren der Retina zum Gehirn. Neuronenfortsätze der retinalen Rezeptoren vereinigen sich zu kleinen Bündeln und werden im Nervus opticus zu weiteren Komponenten des visuellen Systems im Gehirn geleitet. Der Nervus opticus tritt durch den Canalis opticus in die Schädelhöhle (Abb. 8.48).

830

Tab. 8.5 Hirnnerven (Abkürzungen Tab. 8.4). Die Faserqualitäten werden je nach Lehrbuch unterschiedlich beschrieben. In der rechten Spalte ist die in Deutschland allgemein übliche Terminologie zur Beschreibung der Faserqualitäten kursiv wiedergegeben.

Nerv	Komponenten Afferent	 Efferent	Verlässt Schädel durch	Funktion
Nervus olfactorius [I]	SA		Lamina cribrosa des Os ethmoidale	*Sensorisch:* Geruch
Nervus opticus [II]	SA		Canalis opticus	*Sensorisch:* Sehen
Nervus oculomotorius [III]		ASE, AVE	Fissura orbitalis superior	ASE – *(motorisch)* innerviert Musculus levator palpebrae superioris, Musculus rectus superior, Musculus rectus inferior, Musculus rectus medialis und Musculus obliquus inferior AVE – *(parasympathisch)* innerviert Musculus sphincter pupillae zur Pupillenverengung, Musculus ciliaris zur Nahakkomodation
Nervus trochlearis [IV]		ASE	Fissura orbitalis superior	*Motorisch:* innerviert Musculus obliquus superior
Nervus trigeminus [V]	ASA	SVE	Fissura orbitalis superior – Nervus ophthalmicus [V1]	ASA – *(sensibel)* sensible Informationen aus: Nervus ophthalmicus [V1] – Augen, Konjunktiva, Inhalt der Augenhöhle, Nasenhöhle, Sinus frontalis, Sinus ethmoidalis, oberes Augenlid, Nasenrücken, vorderer Anteil der Kopfschwarte
			Foramen rotundum – Nervus maxillaris [V2]	ASA – *(sensibel)* sensible Informationen aus: Nervus maxillaris [V2] – Dura mater der vorderen und mittleren Schädelgrube, Nasopharynx, Gaumen, Nasenhöhle, Zähne des Oberkiefers, Sinus maxillaris, Nasenflügel, unteres Augenlid, Wange, Oberlippe

			Foramen ovale – Nervus mandibularis [V3]	ASA – *(sensibel)* sensible Informationen aus: Nervus mandibularis [V3] – Haut des unteren Gesichts und von Wange, Unterlippe, äußerem Ohr, Meatus acusticus externus, Fossa temporalis, vordere zwei Drittel der Zunge, Zähne des Unterkiefers, Cellulae mastoideae, Wangenschleimhaut, Mandibula, Dura mater der mittleren Schädelgrube SVE – *(motorisch)* innerviert Musculus temporalis, Musculus masseter, Musculi pterygoidei medialis und lateralis, Musculus tensor tympani, Musculus tensor veli palatini, Venter anterior des Musculus digastricus und Musculus mylohyoideus	
Nervus abducens [VI]		ASE	Fissura orbitalis superior	*Motorisch:* innerviert Musculus rectus lateralis	831
Nervus facialis [VII]	ASA, SA	AVE, SVE	Meatus acusticus internus	ASA – *(sensibel)* sensible Informationen aus dem äußeren Gehörgang, Haut hinter und an der Ohrmuschel SA – *(sensorisch)* Geschmacksempfindung der vorderen zwei Drittel der Zunge AVE – *(parasympathisch)* innerviert Glandula lacrimalis, Glandula submandibularis, Glandula sublingualis, Schleimhaut von Nasenhöhle, hartem und weichem Gaumen SVE – *(motorisch)* innerviert mimische Muskulatur und Kopfschwarte, die vom zweiten Kiemenbogen abstammen, sowie Musculus stapedius, Venter posterior des Musculus digastricus und Musculus stylohyoideus	832
Nervus vestibulocochlearis [VIII] (Nervus statoacusticus	SA		Meatus acusticus internus	Nervus vestibularis – *(sensorisch)* Gleichgewicht Nervus cochlearis – *(sensorisch)* Gehör	

Nervus glossopharyngeus [IX]	AVA, SA	AVE, SVE	Foramen jugulare	AVA – *(sensibel)* sensible Informationen von Pressorezeptoren des Sinus caroticus und Chemorezeptoren des Glomus caroticum, hinterem Drittel der Zunge, Tonsilla palatina, oberem Anteil des Pharynx, Schleimhaut des Mittelohrs und der Tuba auditiva SA – *(sensorisch)* Geschmacksempfindung des hinteren Drittels der Zunge AVE – *(parasympathisch)* innerviert Glandula parotidea SVE – *(motorisch)* innerviert Musculus stylopharyngeus
Nervus vagus [X]	ASA, AVA, SA	AVE, SVE	Foramen jugulare	ASA – *(sensibel)* sensible Informationen aus der Haut hinter dem Ohr, aus Meatus acusticus externus und aus der Dura mater der hinteren Schädelgrube AVA – *(sensibel)* sensible Informationen von Chemorezeptoren des Glomus aorticum und Barorezeptoren des Aortenbogens, Schleimhäute von Pharynx, Larynx, Oesophagus, Bronchien, Lunge, Herz und abdominalen Viszera des Vorder- und Mitteldarms SA – *(sensorisch)* Geschmacksempfindung auf der Epiglottis AVE – *(parasympathisch)* innerviert glatte Muskulatur und Drüsen des Pharynx, Larynx, thorakale und abdominale Viszera des Kopf- und Mitteldarms SVE – *(motorisch)* innerviert einen Zungenmuskel (Musculus palatoglossus), die Muskeln des weichen Gaumens (außer Musculus tensor veli palatini) und Pharynx (außer Musculus stylohyoideus) sowie den gesamten Larynx
Nervus accessorius [XI]		SVE	Foramen jugulare	*Motorisch:* Innervation von Musculus sternocleidomastoideus und Musculus trapezius

Nervus hypoglossus [XII]	ASE	Canalis nervi hypoglossi	*Motorisch:* Innervation von Musculus hyoglossus, Musculus genioglossus und Musculus styloglossus sowie der gesamten Binnenmuskulatur der Zunge

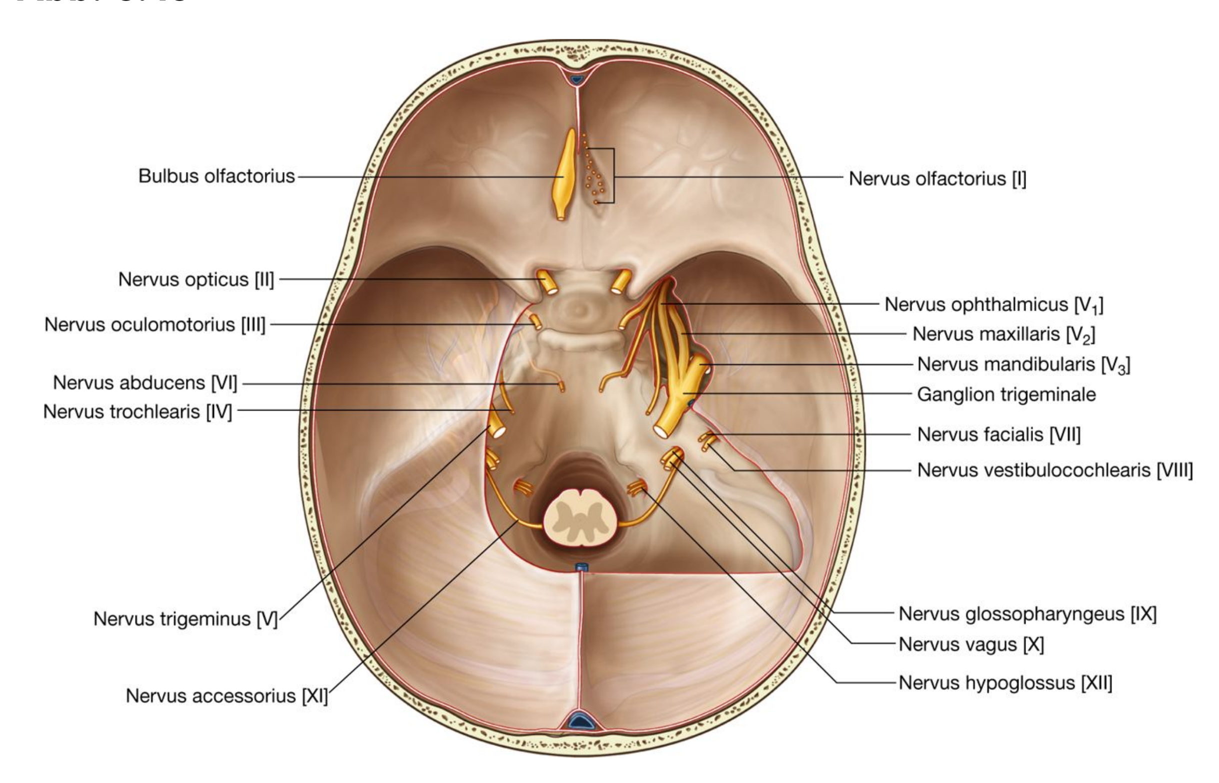
Nervus oculomotorius [III]

Der **Nervus oculomotorius [III]** führt Fasern zweier Qualitäten:

- Allgemein-somatoefferente (ASE, *motorische*) Fasern innervieren den Großteil der äußeren Augenmuskeln.
- Allgemeinviszeroefferente (AVE, *parasympathische*) Fasern sind Teil des parasympathischen Anteils des autonomen Nervensystems (im PNS).

Der Nervus oculomotorius [III] verlässt den Hirnstamm auf dessen Vorderseite zwischen Mittelhirn und Pons (Abb. 8.49). Er tritt medial unter der Vorderkante des Tentorium cerebelli 832 833 in den lateralen Anteil des Sinus cavernosus ein (Abb. 8.49), verläuft weiter nach vorn und verlässt die Schädelhöhle durch die Fissura orbitalis superior.

Abb. 8.48



Austritt der Hirnnerven aus der Schädelhöhle.

In der Orbita innervieren die ASE-Fasern des Nervus oculomotorius die Musculi levator palpebrae superioris, rectus superior, rectus inferior, rectus medialis und obliquus inferior.

Die AVE-Fasern sind präganglionäre parasympathische Fasern, die im Ganglion ciliare umgeschaltet werden. Sie innervieren den Musculus sphincter pupillae, der die Pupille verengt (Miosis), sowie den Musculus ciliaris, der für die Nahakkomodation verantwortlich ist.

Nervus trochlearis [IV]

Der **Nervus trochlearis [IV]** führt (*motorische)* ASE-Fasern, die der Innervation des Musculus obliquus superior dienen, eines der äußeren Augenmuskeln in der Orbita. Der Nervus trochlearis entspringt am Mittelhirn und ist der einzige Hirnnerv, der an der Rückseite des Hirnstamms austritt (Abb. 8.49). Er zieht um das Mittelhirn herum und tritt von dessen Unterseite in den freien Vorderrand des Tentorium cerebelli ein, gelangt von hier in die laterale Wand des Sinus cavernosus (Abb. 8.48 und 8.49), verläuft weiter nach vorn und tritt schließlich durch die Fissura orbitalis superior in die Orbita ein.

Nervus trigeminus [V]

Der **Nervus trigeminus [V]** ist der große allgemein-somatoafferente (*sensible*) Nerv des Kopfes. Er innerviert außerdem die Kaumuskulatur. Er führt allgemein-somatoafferente (ASA, *sensible*) und speziell-viszeroefferente (SVE, *motorische*) Fasern:

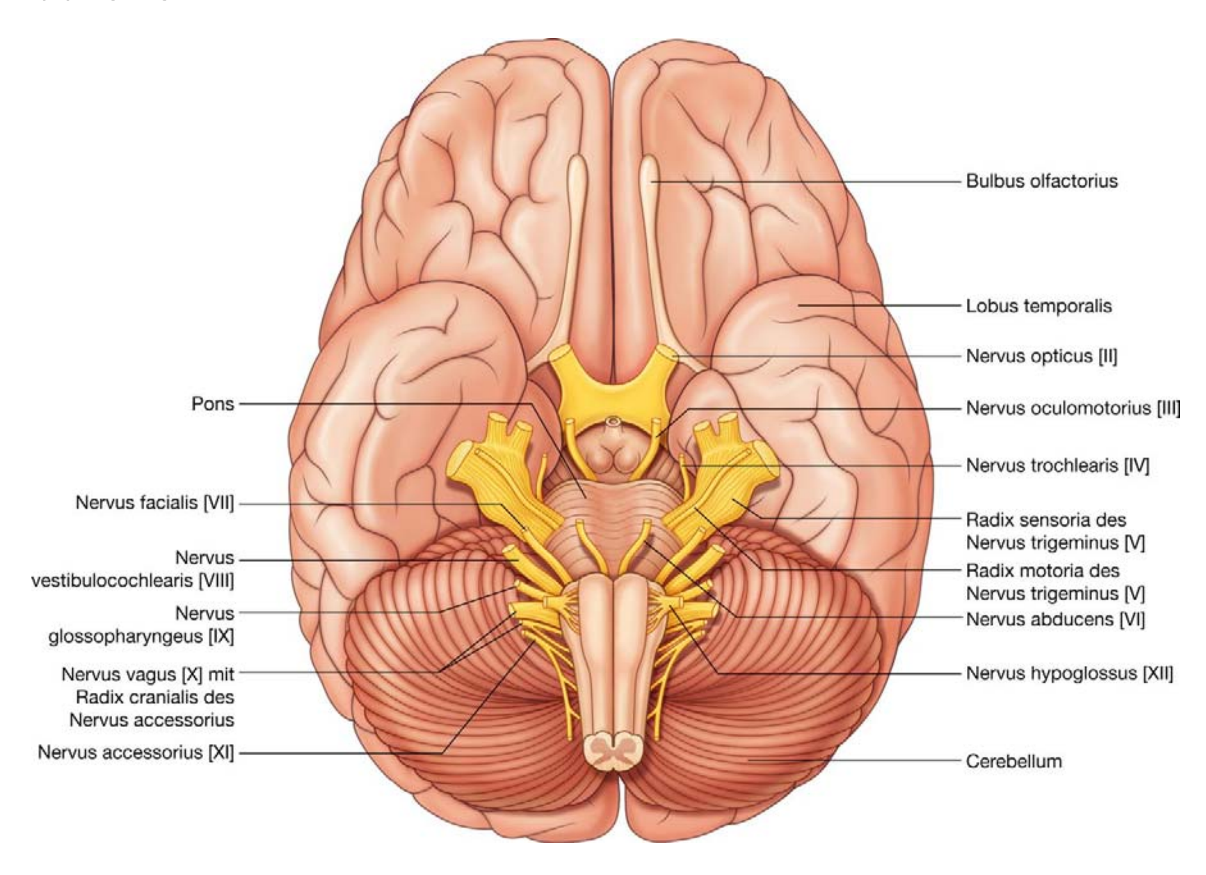
- Die ASA-Fasern führen sensible Afferenzen aus dem Gesicht, aus der vorderen Hälfte der Kopfschwarte, aus der Schleimhaut der Mund- und Nasenhöhle, aus den Nasennebenhöhlen, von Teilen des Trommelfells, vom Auge und von der Konjunktiva (Bindehaut) sowie aus der Dura mater der vorderen und mittleren Schädelgrube.
- Die SVE-Fasern innervieren die Kaumuskeln, die Musculi tensor tympani, tensor veli palatini und mylohyoideus sowie den Venter anterior des Musculus digastricus.

Der Nervus trigeminus tritt an der anterolateralen Oberfläche des Pons mit einer großen Radix sensoria und einer kleineren Radix motoria aus (Abb. 8.49). Beide Wurzeln verlassen die hintere Schädelgrube gemeinsam und ziehen weiter nach vorn in die mittlere Schädelgrube. Dabei treten sie über die mediale Spitze der Pars petrosa des Os temporale (Abb. 8.48).

In der mittleren Schädelgrube erweitert sich die Radix sensoria zum **Ganglion trigeminale** (Ganglion semilunare,

833

Abb. 8.49



Hirnnerven an der Hirnbasis.

Ganglion Gasseri; Abb. 8.48), das die Perikaryen der sensiblen Neurone des Nervus trigeminus enthält und mit einem Spinalganglion vergleichbar ist. Das Ganglion trigeminale liegt in einer Vertiefung (Impressio trigeminalis) auf der Facies anterior der Pars petrosa ossis temporalis in einer Duratasche **(Cavum trigeminale)**. Die motorische Wurzel liegt unterhalb der sensiblen Wurzel und ist hier vollständig durch Bindegewebe von ihr getrennt.

Aus dem vorderen Abschnitt des Ganglion trigeminale treten die drei großen Äste des Nervus trigeminus aus. Dies sind von oben nach unten:

- Nervus ophthalmicus [V_1]
- Nervus maxillaris [V_2]
- Nervus mandibularis [V_3].

Nervus ophthalmicus [V_1]

Der Nervus ophthalmicus [V_1] zieht, von Dura umgeben, durch den lateralen Anteil des Sinus cavernosus nach vorn (Abb. 8.44). Er verlässt die Schädelhöhle durch die Fissura orbitalis superior und gelangt in die Orbita.

Der Nervus ophthalmicus [V_1] führt afferente (*sensible*) Fasern vom Auge, von der Konjunktiva, den Augenanhangsgebilden wie Tränendrüse und ableitenden Tränenwegen sowie aus der Orbita. Außerdem führt er afferente (*sensible*) Fasern aus der Nasenhöhle, dem Sinus frontalis, den vorderen Cellulae ethmoidales, dem oberen Augenlid, dem Nasenrücken und der vorderen Hälfte der Kopfschwarte.

Nervus maxillaris [V_2]

Der Nervus maxillaris [V_2] zieht, von Dura mater umgeben, durch die laterale Seitenwand des Sinus cavernosus nach vorn. Dabei verläuft er direkt unter dem Nervus ophthalmicus [V_1] (Abb. 8.44). Er verlässt die Schädelhöhle durch das Foramen rotundum und gelangt so in die Fossa pterygopalatina.

Der Nervus maxillaris [V_2] führt afferente (*sensible*) Fasern aus der Dura der vorderen und mittleren Schädelgrube, aus dem Nasopharynx, dem Gaumen, der Nasenhöhle, den Oberkieferzähnen, den Sinus maxillaris und sphenoidalis, den Cellulae ethmoidales posteriores sowie der Haut von Nasenflügel, unterem Augenlid, Wange und Oberlippe.

834
835

Nervus mandibularis [V_3]

Der Nervus mandibularis [V_3] tritt aus dem unteren Abschnitt des Ganglion trigeminale aus und verlässt den Schädel durch das Foramen ovale.

Die *motorische* Wurzel des Nervus trigeminus, die vom ersten Kiemenbogen abstammt (Nervus trigeminus = 1. Kiemenbogennerv), verläuft gemeinsam mit dem sensiblen Anteil durch das Foramen ovale. Außerhalb des Schädels vereinigen sich beide Anteile. Somit ist der Nervus mandibularis [V_3] der einzige Ast des Nervus trigeminus, der eine motorische Komponente besitzt.

Außerhalb des Schädels innervieren die motorischen Fasern die Kaumuskeln (Musculi temporalis, masseter, pterygoideus medialis und pterygoideus lateralis). Außerdem innerviert die Radix motoria die Musculi tensor tympani, tensor veli palatini, mylohyoideus und den Venter anterior des Musculus digastricus.

Die afferenten (*sensiblen*) Fasern des Nervus mandibularis [V_3] leiten Informationen aus der Haut des unteren Gesichts, aus Wange, Unterlippe, Ohr, Meatus acusticus externus und der Schläfenregion, von den vorderen zwei Dritteln der Zunge, von den Unterkieferzähnen, von den Cellulae mastoideae, aus der Wangenschleimhaut, von der Mandibula und von der Dura mater der mittleren Schädelgrube zum Gehirn.

Nervus abducens [VI]

Der **Nervus abducens [VI]** führt (*motorische*) ASE-Fasern zur Innervation des Musculus rectus lateralis, eines äußeren Augenmuskels in der Orbita. Der Nerv entspringt am Hirnstamm

zwischen Pons und Medulla oblongata, zieht nach vorn und durchbricht die Dura auf dem Clivus (Abb. 8.48 und 8.49). Er zieht in einem Durakanal auf dem Clivus aufwärts, tritt über den Margo superior der Pars petrosa ossis temporalis und verläuft zentral auf jeder Seite durch den Sinus cavernosus. Dabei liegt er inferolateral der Arteria carotis interna. Er verlässt die Schädelhöhle durch die Fissura orbitalis superior und tritt in die Orbita.

Nervus facialis [VII]

Der **Nervus facialis [VII]** führ ASA-, SA-, AVE-, und SVE-Fasern:

- Die (*sensiblen*) ASA-Fasern leiten sensible Afferenzen aus dem Meatus acusticus externus und von einem kleinen Bereich der Haut hinter dem Ohr und an der Ohrmuschel.
- Die (*sensorischen*) SA-Fasern leiten Geschmacksafferenzen aus den vorderen zwei Dritteln der Zunge.
- Die (*parasympathischen*) AVE-Fasern gehören zum parasympathischen Anteil des autonomen Nervensystems (des PNS) und stimulieren die sekretorische Aktivität von Tränendrüse, Glandula submandibularis, Glandula sublingualis sowie der Drüsen in der Nasenschleimhaut und der Schleimhaut von weichem und hartem Gaumen.
- Die (*motorischen*) SVE-Fasern innervieren die Muskulatur von Gesicht und Kopfschwarte (mimische Muskulatur), die vom zweiten Kiemenbogen abstammt (Nervus facialis = 2. Kiemenbogennerv). Außerdem werden die Musculi stapedius und stylohyoideus sowie der Venter posterior des Musculus digastricus innerviert.

Der Nervus facialis [VII] tritt aus der lateralen Oberfläche des Hirnstamms zwischen Pons und Medulla oblongata aus (Kleinhirnbrückenwinkel; Abb. 8.49). Er besteht aus einer großen Radix motoria und einer kleinen Radix sensoria **(Nervus intermedius):**

- Der Nervus intermedius enthält die (*sensorischen*) SA-Fasern für Geschmacksafferenzen, die (*parasympathischen*) AVE-Fasern und die (*sensiblen*) ASA-Fasern.
- Die größere motorische Wurzel enthält die (*motorischen*) SVE-Fasern.

Motorische und sensible Wurzel verlassen im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels den Hirnstamm und verlaufen durch die hintere Schädelgrube zum Meatus (Porus) acusticus internus (Abb. 8.48), über den sie die Schädelhöhle verlassen. Nachdem beide Wurzeln in den Canalis facialis im Innern der Pars petrosa des Os temporale eingetreten sind, vereinigen sich die Wurzeln zum Nervus facialis [VII]. Nach ca. 1 cm Verlaufsstrecke im Canalis facialis vergrößert sich der Nerv zum **Ganglion geniculi**, das einem Spinalganglion ähnelt und pseudounipolare Perikaryen sensibler Neurone enthält.

Am Ganglion geniculi biegt der Nervus facialis [VII] nach kaudal um. Vorher geht am Ganglion geniculi aber noch der **Nervus petrosus major** ab, der präganglionäre *parasympathische* (AVE) Fasern führt (Tab. 8.6) und in einem Winkel von etwa 45° nach medial vorn zieht.

Der Nervus facialis [VII] verläuft in seinem knöchernen Kanal nach kaudal und gibt den **Nervus stapedius** und die **Chorda tympani** ab, bevor er den knöchernen Schädel durch das Foramen stylomastoideum verlässt.

Die Chorda tympani führt Geschmacksfasern (SA, *sensorisch*) von den vorderen zwei Dritteln der Zunge sowie präganglionäre *parasympathische* (AVE) Fasern, für die Innervation von Glandulae sublingualis und sumandibularis sowie weiteren kleinen Speicheldrüsen. Die Fasern werden zuvor noch im Ganglion submandibulare von prä- auf postganglionär umgeschaltet (Tab. 8.6).

Nervus vestibulocochlearis (Nervus statoacusticus) [VIII]

Der **Nervus vestibulocochlearis [VIII]** führt (*sensorische*) SA-Fasern für das Gehör und das Gleichgewicht und besteht aus zwei Anteilen:

- einem vestibulären Anteil für das Gleichgewicht
- einem kochleären Anteil für das Gehör.

835
836

Der Nervus vestibulocochlearis [VIII] tritt aus dem Meatus acusticus internus, verläuft durch die hintere Schädelgrube zur lateralen Oberfläche des Hirnstamms zwischen Pons und Medulla (Kleinhirnbrückenwinkel; Abb. 8.48 und 8.49). Die beiden Anteile fügen sich innerhalb der Pars petrosa des Os temporale zu einem Nerv zusammen, der in der hinteren Schädelgrube sichtbar ist.

Nervus glossopharyngeus [IX]

Der **Nervus glossopharyngeus [IX]** besteht aus (*sensiblen*) AVA-, (*sensorischen*) SA-, (*parasympathischen*) AVE- und (*motorischen*) SVE-Fasern:

- Die (*sensiblen*) AVA-Fasern leiten sensible Afferenzen von Glomus caroticum und Sinus caroticus, hinterem Drittel der Zunge, Tonsilla palatina, oberem Anteil des Pharynx sowie Schleimhaut des Mittelohrs und Tuba auditiva.
- Die (*sensorischen*) SA-Fasern leiten Geschmacksafferenzen aus dem hinteren Drittel der Zunge.
- Die (*parasympathischen*) AVE-Fasern gehören zum parasympathischen Anteil des autonomen Nervensystems (des PNS) und regen die sekretorische Aktivität der Glandula parotidea an.
- Die (*motorischen*) SVE-Fasern innervieren den Musculus stylopharyngeus, der sich vom dritten Kiemenbogen ableitet (Nervus glossopharyngeus = 3. Kiemenbogennerv).

Der Nervus glossopharyngeus [IX] entsteht durch die Vereinigung mehrerer kleiner Wurzeln, die aus der anterolateralen Oberfläche der oberen Medulla oblongata kommen (Abb. 8.49). Die Wurzeln verlaufen durch die hintere Schädelgrube und treten in das Foramen jugulare ein

(Abb. 8.48). Innerhalb des Foramen jugulare vereinigen sich die Wurzeln zum Nervus glossopharyngeus und verlassen die Schädelhöhle.

Innerhalb oder unmittelbar unterhalb des Foramen jugulare befinden sich zwei Ganglien (**Ganglion superius** und **Ganglion inferius**), die die Perikaryen der sensiblen Neurone des Nervus glossopharyngeus [IX] enthalten.

Nervus tympanicus

Vom Nervus glossopharyngeus [IX] zweigt innerhalb oder unmittelbar unterhalb des Foramen jugulare der **Nervus tympanicus** ab. Dieser Ast tritt wieder über den Canaliculus tympanicus in das Os temporale ein, betritt die Cavitas tympani (Paukenhöhle) und bildet den **Plexus tympanicus** in der Paukenhöhlenschleimhaut. Er leitet *sensible* Informationen aus der Mukosa von Paukenhöhle, Tuba auditiva und Cellulae mastoideae.

Der Nervus tympanicus leitet zudem (*parasympathische*) AVE-Fasern, die den Plexus tympanicus als **Nervus petrosus minor** verlassen. Der Nervus petrosus minor ist ein kleiner Nerv im Os temporale. Er gelangt durch ein Knochenkanälchen (Hiatus canalis nervi petrosi minoris) in die Schädelhöhle. In der mittleren Schädelgrube tritt er auf der Vorderfläche der Felsenbeinpyramide unter die Dura und verläuft weiter nach rostral. Er verlässt die Schädelhöhle wieder durch eine Fissur nahe dem Foramen lacerum und zieht durch die Fossa infratemporalis zum Ganglion oticum. Hier werden seine präganglionären parasympathischen Fasern auf postganglionäre Neurone zur Innervation der Glandula parotidea umgeschaltet (Tab. 8.6).

Nervus vagus [X]

Der **Nervus vagus [X]** führt (*sensible*) ASA-, (*sensible*) AVA-, (*sensorische*) SA-, (*parasympathische*) AVE- und (*motorische*) SVE-Fasern:

- Die (*sensiblen*) ASA-Fasern leiten sensible Afferenzen aus der Haut hinter dem Ohr und aus dem Meatus acusticus externus sowie aus der Dura mater der hinteren Schädelgrube.
- Die (*sensiblen*) AVA-Fasern leiten afferente Informationen der Chemorezeptoren des Glomus aorticum und von den Barorezeptoren des Aortenbogens sowie aus Schleimhäuten von Pharynx, Larynx, Oesophagus, Bronchien, Lungen, Herz und abdominellen Viszera des Vorder- und Mitteldarms.
- Die (*sensorischen*) SA-Fasern leiten Geschmacksafferenzen aus dem Bereich der Epiglottis.
- Die (*parasympathischen*) AVE-Fasern gehören zum parasympathischen Teil des autonomen Anteils des PNS und stimulieren glatte Muskulatur und Drüsen in Pharynx, Larynx, thorakalen Viszera und abdominalen Viszera des Vorder- und Mitteldarms.
- Die (*motorischen*) SVE-Fasern innervieren einen Zungenmuskel (Musculus palatoglossus), Muskeln des weichen Gaumens (außer Musculus tensor veli palatini), des Pharynx (außer Musculus stylopharyngeus) und die Larynxmuskulatur.

Der Nervus vagus entspringt als Gruppe von Wurzeln auf der anterolateralen Oberfläche der Medulla oblongata etwas unterhalb der Ursprungswurzeln des Nervus glossopharyngeus [IX] (Abb. 8.49). Die Wurzeln verlaufen durch die hintere Schädelgrube und treten in das Foramen jugulare ein (Abb. 8.49). Im Foramen jugulare vereinigen sich die Wurzeln zum Nervus vagus [X]. Innerhalb oder unmittelbar unterhalb des Foramen jugulare liegen zwei Ganglien, das **Ganglion** (jugulare) **superius** und das **Ganglion** (nodosum) **inferius**, die die Perikaryen der sensiblen Neurone des Nervus vagus [X] enthalten.

Nervus accessorius [XI]

Der **Nervus accessorius [XI]** ist ein Hirnnerv, der (*motorische*) SVE-Fasern führt, die zur Innervation des Musculus sternocleidomastoideus und des Musculus trapezius dienen. Es handelt sich um einen besonderen Hirnnerv, da seine Wurzeln von Motoneuronen der oberen fünf Segmente des zervikalen Rückenmarks entspringen. Diese Fasern verlassen die laterale Oberfläche des Rückenmarks, vereinigen sich bei ihrem Aufstieg und treten durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle ein (Abb. 8.49). Der Nervus accessorius [XI] verläuft weiter durch die hintere Schädelgrube und verlässt sie wieder durch das Foramen jugulare (Abb. 8.48). Er steigt anschließend im Hals ab und innerviert Musculus sternocleidomastoideus und Musculus trapezius von ihrer Unterseite.

836
837

Tab. 8.6 Parasympathische Kopfganglien

Ganglion	Afferenz	Hirnnerv, der die präganglionären Fasern führt	Funktion
Ganglion ciliare	Nervus oculomotorius [III]	Nervus oculomotorius [III]	Innervation des Musculus sphincter pupillae zur Pupillenverengung und des Musculus ciliaris für die Nahakkomodation der Linse
Ganglion pterygopalatinum	Nervus petrosus major	Nervus facialis [VII]	Innervation von Tränendrüse und Schleimdrüsen in Nasenhöhle, Sinus maxillaris und Gaumen
Ganglion oticum	Nervus petrosus minor	Nervus glossopharyngeus [IX]	Innervation der Glandula parotidea
Ganglion submandibulare	Chorda tympani über den Nervus lingualis zum Ganglion submandibulare	Nervus facialis [VII]	Innervation von Glandula submandibularis und Glandula sublingualis

Radix cranialis des Nervus accessorius

In manchen Lehrbüchern werden einige Wurzeln des Nervus accessorius [XI], die auf der anterolateralen Oberfläche des kaudalen Anteils der Medulla oblongata unmittelbar unterhalb der Wurzeln des Nervus vagus [X] austreten, als Radix cranialis des Nervus accessorius bezeichnet (Abb. 8.49). Nach Austritt aus der Medulla oblongata verlaufen die kranialen Wurzeln zusammen mit den spinalen Wurzeln des Nervus accessorius [XI] zum Foramen

jugulare. Hier schließen sich die kranialen Wurzeln dem Nervus vagus [X] an. Sie verlaufen als Anteile des Nervus vagus [X] zur Pharynxmuskulatur. Man betrachtet sie deshalb als Teil des Nervus vagus.

Nervus hypoglossus [XII]

Der **Nervus hypoglossus [XII]** führt (*motorische*) ASA-Fasern zur Innervation der gesamten Binnenmuskulatur und eines Großteils der extrinsischen Muskeln der Zunge. Er entspringt mit zahlreichen kleinen Wurzeln auf der Vorderfläche der Medulla oblongata, zieht lateral durch die hintere Schädelgrube und tritt durch den Canalis nervi hypoglossi aus (Abb. 8.48 und 8.49). Der Nervus hypoglossus innerviert die Musculi hyoglossus, styloglossus und genioglossus sowie die gesamte Binnenmuskulatur der Zunge.

Klinik

Hirnnervenläsionen		
Hirnnerv	**Klinischer Befund**	**Beispiel für Schädigung**
Nervus olfactorius [I]	Verlust des Geruchssinns (Anosmie)	Schädigung der Lamina cribrosa; angeborenes Fehlen
Nervus opticus [II]	Blindheit/Gesichtsfeldanomalien, Verlust der Pupillenverengung	Direktes Trauma der Orbita; Verletzung im Canalis opticus; Unterbrechung der Sehbahn
Nervus oculomotorius [III]	Erweiterte Pupillen, Ptose, Verlust des normalen Pupillenreflexes, das Auge blickt nach unten und lateral *(unten außen)*	Kompression durch Aneurysmen der Arteria communicans posterior, der Arteria cerebri posterior oder der Arteria superior cerebelli; Kompression durch eine Herniation eines Uncus cerebri; raumfordernder Prozess oder Thrombose im Sinus cavernosus
Nervus trochlearis [IV]	Unfähigkeit, bei adduziertem Auge nach unten zu sehen (unten innen)	Entlang dem Nervenverlauf um den Hirnstamm; Frakturen der Orbita
Nervus trigeminus [V]	Verlust von Sensibilität und Schmerzempfindung in Gesichtsarealen, die von den drei Ästen versorgt werden; Verlust der motorischen Funktion der Kaumuskulatur auf der Seite der Schädigung	Typischerweise im Bereich des Ganglion trigeminale, Symptome können auch durch lokale raumfordernde Prozesse an den Austrittsstellen der drei Äste entstehen
Nervus abducens [VI]	Unfähigkeit, das Auge nach lateral zu bewegen	Gehirnschädigung oder Läsionen im Sinus cavernosus, Sinuscavernosus-Thrombose
Nervus facialis [VII]	Lähmung der Gesichtsmuskulatur unterhalb des Auges; Lähmung der Gesichtmuskulatur	Schädigung der Äste innerhalb der Glandula parotidea
	Geschmacksempfindungstörungen vordere zwei Drittel der Zunge und trockene Bindehaut	Verletzung des Os temporale; virale Entzündung des Nervs
	Lähmung der kontralateralen Gesichtsmuskulatur unterhalb des Auges	Hirnstammverletzungen
Nervus vestibulocochlearis [VIII]	Fortschreitender einseitiger Hörverlust und Tinnitus (subjektives Ohrgeräusch)	Tumor des Kleinhirnbrückenwinkels (z.B. Akustikusneurinom)
Nervus glossopharyngeus [IX]	Verlust der Geschmacksempfindung im hinteren Drittel der Zunge sowie Sensibilitätsverlust am weichen Gaumen	Läsion des Hirnstamms; penetrierende Halsverletzungen
Nervus vagus [X]	Abweichen des weichen Gaumens mit Abweichen der Uvula zur gesunden Seite; Lähmung der Stimmfalten	Läsionen des Hirnstamms; penetrierende Halsverletzungen
Nervus accessorius [XI]	Lähmung des Musculus sternocleidomastoideus und des Musculus trapezius	Penetrierende Verletzungen im lateralen Halsdreieck

Nervus hypoglossus [XII]	Atrophie der ipsilateralen Zungenmuskulatur und Abweichen der Zunge zur betroffenen Seite; Sprachstörung	Penetrierende Verletzungen des Halses und pathologische Prozesse an der Schädelbasis

837

838

GESICHT

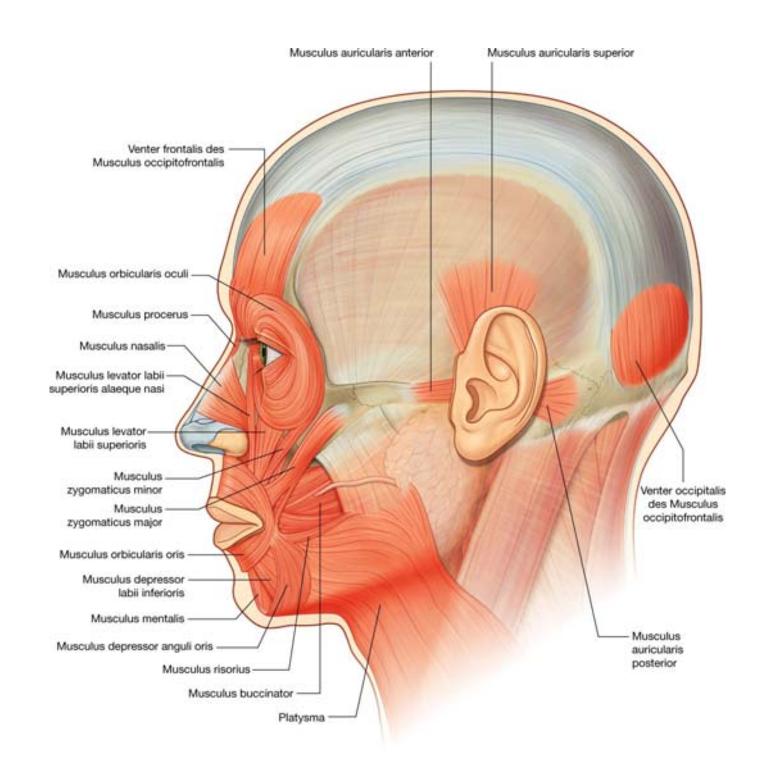
Eine Begegnung von Angesicht zu Angesicht ist ein wichtiger Aspekt der Kontaktaufnahme zwischen Individuen. Bei diesem Austausch wird u. a. die Mimik eingesetzt, um Emotionen auszudrücken. Tatsächlich kann ein Arzt wertvolle Informationen über den Gesundheits- und Gemütszustand eines Patienten erhalten, wenn er dessen Gesicht beobachtet.

Daher ist das Verständnis der Anordnung der verschiedenen Strukturen, die sich kranial bis zum Arcus superciliaris, kaudal bis zum Unterrand der Mandibula sowie beidseits bis zu den Ohren erstrecken und als Gesicht bezeichnet werden, in der medizinischen Praxis von großem Nutzen.

Muskulatur

Die Gesichtsmuskulatur (Abb. 8.50) entwickelt sich aus dem zweiten Kiemenbogen und wird durch Äste des Nervus facialis [VII] (2. Kiemenbogennerv) innerviert. Die Gesichtsmuskeln besitzen im Gegensatz zur Skelettmuskulatur keine Faszien (Ausnahme: Musculus buccinator). 838 839 Muskelkontraktionen sind daher durch die direkte Insertion in der Haut immer sichtbar. Sie sind somit für die Mimik des Gesichts verantwortlich. Die an Knochen oder Faszien entspringenden und in die Gesichts- und Halshaut einstrahlenden Gesichtsmuskeln werden daher als mimische Muskeln bezeichnet.

Abb. 8.50



Gesichtsmuskulatur.

Die „mimischen Muskeln“ wirken zudem als Sphinkteren und Dilatatoren der Öffnungen des Gesichts (von Orbita, Nase und Mund). Die Einteilung in funktionelle Gruppen bietet einen logischen Ansatz zum Verständnis der Muskeln (Tab. 8.7).

Orbitale Gruppe

Zwei Muskeln gehören der orbitalen Gruppe an: der Musculus orbicularis oculi und der Musculus corrugator supercilii.

839

Tab. 8.7 Gesichtsmuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Orbitale Gruppe				
Musculus orbicularis oculi				
Pars palpebralis	Ligamentum palpebrale mediale	Ligamentum palpebrale laterale	Nervus facialis [VII]	Verschließt die Augen sanft; Lidschluss
Pars orbitalis	Pars nasalis ossis frontalis; Processus frontalis der Maxilla; Ligamentum palpebrale mediale	Fasern bilden eine vollständige Ellipse um die Orbita	Nervus facialis [VII]	Verschließt die Augen kraftvoll
Pars lacrimalis	Ligamentum palpebrale mediale und Septum lacrimale	Pars palpebralis des Musculus orbicularis oculi	Nervus facialis [VII]	Führt zu einer im Einzelnen nicht geklärten Saugwirkung in den Tränenkanälchen
Musculus corrugator supercilii	Mediales Ende des Arcus superciliaris	Haut der mittleren Hälfte der Augenbraue	Nervus facialis [VII]	Zieht die Augenbraue nach medial und unten
Nasale Gruppe				
Musculus nasalis				
Pars transversa	Maxilla unmittelbar lateral der Nase	Aponeurose des Nasenrückens mit Muskelfasern der Gegenseite	Nervus facialis [VII]	Verkleinert die Nasenöffnung
Pars alaris	Maxilla oberhalb des lateralen Schneidezahns	Cartilago alaris der Nase	Nervus facialis [VII]	Zieht den Knorpel nach unten und lateral, wodurch sich die Nasenlöcher erweitern
Musculus procerus	Os nasale und oberer Teil der Cartilago nasi lateralis	Haut der unteren Stirn zwischen den Augenbrauen	Nervus facialis [VII]	Zieht den medialen Bereich der Augenbraue nach unten, wobei auf dem Nasenrücken transveral verlaufende Falten entstehen
Musculus depressor septi nasi	Maxilla oberhalb des medialen Schneidezahns	Beweglicher Teil des Nasenseptums	Nervus facialis [VII]	Zieht die Nase nach unten
Orale Gruppe				
Musculus depressor anguli oris	Linea obliqua der Mandibula unterhalb von Eckzahn, Prämolaren und erstem Molaren	Haut im Mundwinkel; verschmilzt mit dem Musculus orbicularis oris	Nervus facialis [VII]	Zieht den Mundwinkel nach unten und lateral

Musculus depressor labii inferioris	Vorderer Teil der Linea obliqua der Mandibula	Unterlippe in der Mittellinie; verschmilzt mit dem Muskel der Gegenseite	Nervus facialis [VII]	Zieht die Unterlippe nach unten und lateral
Musculus mentalis	Mandibula unterhalb der Schneidezähne	Haut des Kinns	Nervus facialis [VII]	Hebt die Unterlippe an und zieht sie nach vorn, dabei entstehen auf der Haut des Kinns Falten
Musculus risorius	Faszie auf dem Musculus masseter	Haut des Mundwinkels	Nervus facialis [VII]	Zieht den Mundwinkel zur Seite
Musculus zygomaticus major	Hinterer Teil der Seitenfläche des Os zygomaticum	Haut des Mundwinkels	Nervus facialis [VII]	Zieht den Mundwinkel nach oben und lateral
Musculus zygomaticus minor	Vorderer Teil der Seitenfläche des Os zygomaticum	Oberlippe unmittelbar medial des Mundwinkels	Nervus facialis [VII]	Zieht die Oberlippe nach oben
Musculus levator labii superioris	Margo infraorbitalis der Maxilla	Haut der oberen lateralen Hälfte der Oberlippe	Nervus facialis [VII]	Hebt die Oberlippe an; trägt zur Bildung des Philtrums (Nasen-Lippen-Furche) bei
Musculus levator labii superioris alaeque nasi	Processus frontalis der Maxilla	Cartilago alaris der Nase und Oberlippe	Nervus facialis [VII]	Hebt die Oberlippe an und erweitert die Nasenlöcher
Musculus levator anguli oris	Maxilla unterhalb des Foramen infraorbitale	Haut im Mundwinkel	Nervus facialis [VII]	Hebt den Mundwinkel an; trägt zur Bildung der Nasen-Lippen-Furche bei
Musculus orbicularis oris	Muskulatur der Umgebung; Maxilla und Mandibula in der Mittellinie	Bildet eine Ellipse um den Mund	Nervus facialis [VII]	Verschließt die Lippen; zieht die Lippen nach vorn
Musculus buccinator	Hinterer Anteil von Maxilla und Mandibula; Raphe pterygomandibularis	Verschmilzt mit Musculus orbicularis oculi und inseriert an Lippe	Nervus facialis [VII]	Drückt die Wange gegen die Zähne; presst aufgeblähte Wangen zusammen
Weitere Muskeln oder Gruppen				
Musculus auricularis anterior	Vorderer Teil der Fascia temporalis	An der Helix der Ohrmuschel	Nervus facialis [VII]	Zieht die Ohrmuschel nach oben und vorn
Musculus auricularis superior	Aponeurosis epicranialis am seitlichen Kopf	Oberer Teil der Ohrmuschel	Nervus facialis [VII]	Zieht die Ohrmuschel nach oben
Musculus auricularis posterior	Processus mastoideus des Os temporale	Konvexität der Ohrmuschel	Nervus facialis [VII]	Zieht die Ohrmuschel nach oben und hinten
Musculus occipitofrontalis				

Venter frontalis	Haut der Augenbrauen	An der Galea aponeurotica	Nervus facialis [VII]	Erzeugt Stirnfalten; hebt die Augenbrauen an
Venter occipitalis	Lateraler Teil der Linea nuchalis superior und Processus mastoideus des Os temporale	An der Galea aponeurotica	Nervus facialis [VII]	Zieht die Kopfhaut nach hinten

840

841

Musculus orbicularis oculi

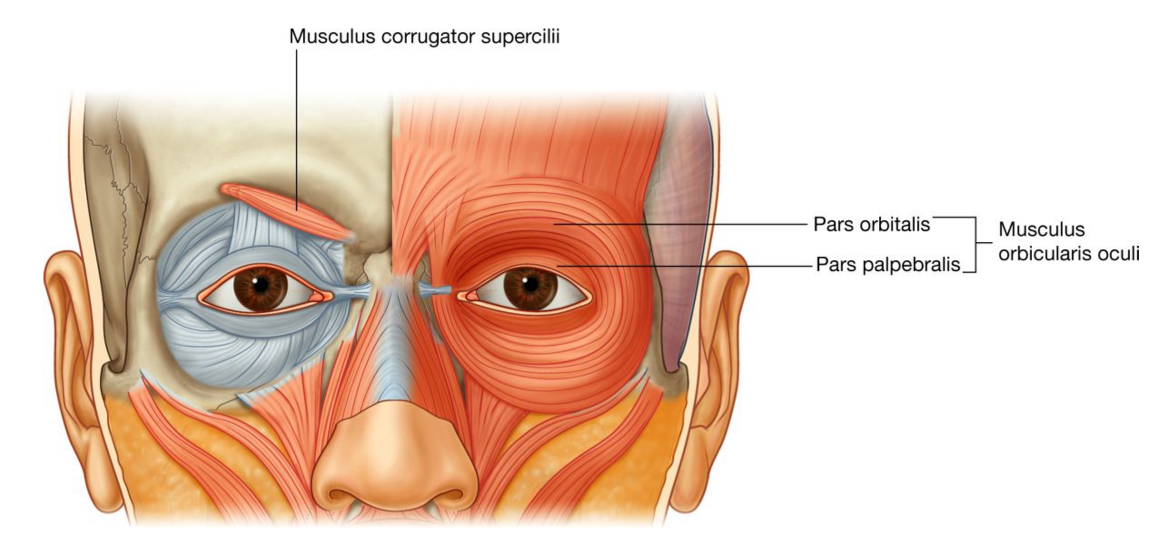
Der **Musculus orbicularis oculi** ist ein großer Muskel der den Aditus orbitalis kreisförmig umlagert und sich auf jedes Augenlid erstreckt (Abb. 8.51). Er dient dem Verschluss der Augenlider. Er besitzt drei Anteile:

- Die äußere **Pars orbitalis** ist ein breiter Ring, der die Öffnung der Orbita zirkulär umgibt und sich bis hinter den Orbitarand erstreckt.
- Die innere **Pars palpebralis** liegt in den Augenlidern und besteht aus Muskelfasern, die an den Ligamenta palpebralia mediale und laterale entspringen.
- Die dorsal im nasalen Augenwinkel gelegene, kleine **Pars lacrimalis** entspringt an der medialen Rückseite der Pars palpebralis im Brereich der Puncta lacrimalia, legt sich um das obere und untere Tränenkanälchen und inseriert am Ligamentum palpebrale mediale sowie am Septum lacrimale an der medialen Seite des Tränensacks (Saccus lacrimalis).

841

842

Abb. 8.51



Orbitale Gruppe der Gesichtsmuskulatur.

Pars orbitalis und Pars palpebralis dienen dem Lidschluss. Die Pars palpebralis verschließt das Auge sanft; die Pars orbitalis ermöglicht den kraftvollen Verschluss des Auges. Dabei entstehen Stirnfalten.

Die kleine Pars lacrimalis des Musculus orbicularis oculi spielt für den Abtransport von Tränenflüssigkeit die entscheidende Rolle.

Musculus corrugator supercilii

Der zweite Muskel dieser Gruppe ist der viel kleinere **Musculus corrugator supercilii** (Abb. 8.51), der unterhalb der Augenbrauen und des Musculus orbicularis oculi liegt und beim Stirnrunzeln aktiviert wird. Er entspringt am medialen Ende des Arcus superciliaris, zieht nach kranial und lateral und inseriert in der Haut der medialen Hälfte der Augenbraue. Er zieht die Augenbrauen in Richtung Mittellinie. Dabei entstehen oberhalb der Nase vertikale Falten.

Nasale Gruppe

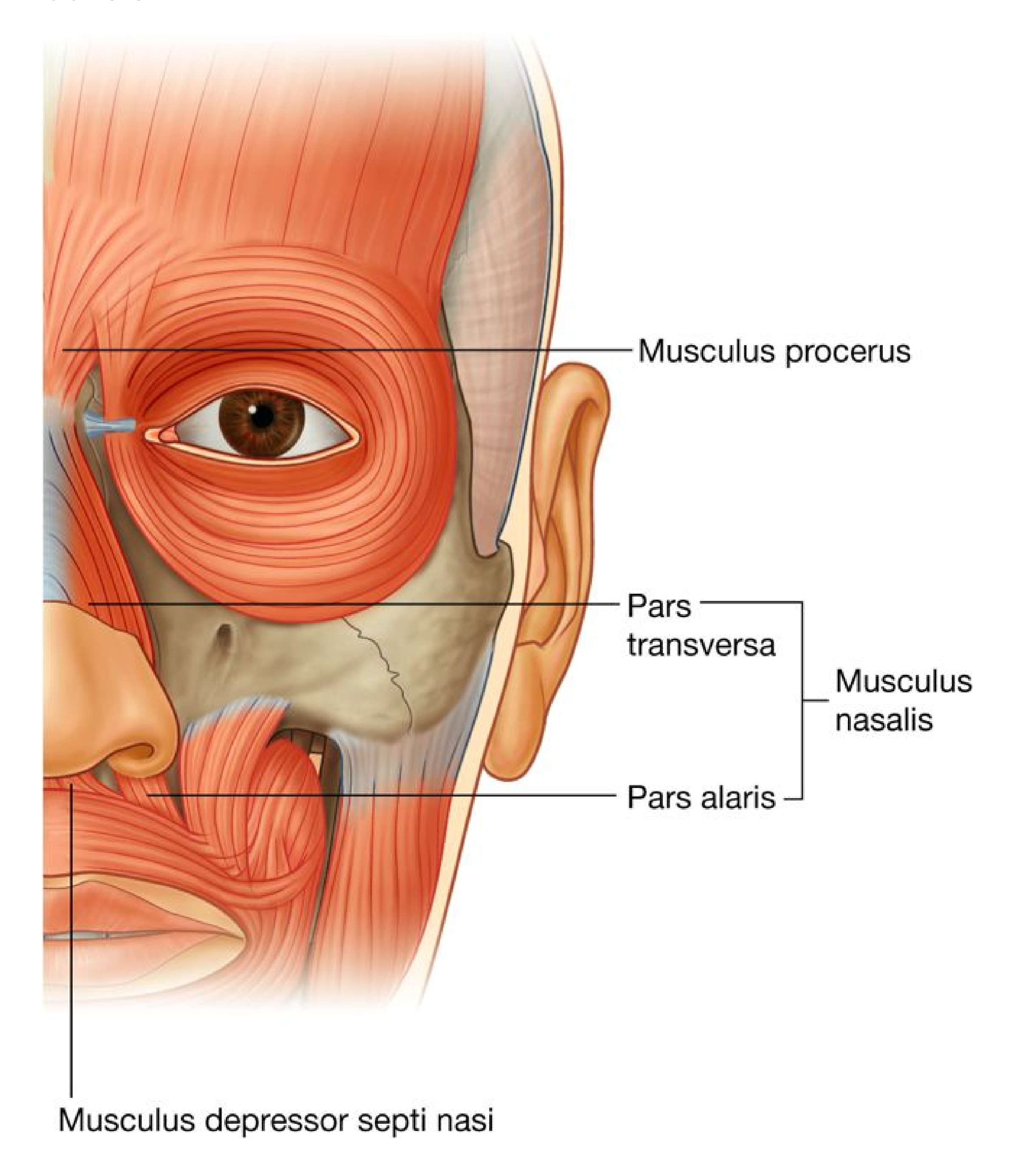
Zur nasalen Gruppe gehören drei Muskeln – der Musculus nasalis, der Musculus procerus und der Musculus depressor septi nasi (Abb. 8.52).

Musculus nasalis

Der größte und ausgeprägteste Nasenmuskel ist der **Musculus nasalis**, dessen Kontraktion die Nasenlöcher erweitert (Abb. 8.52). Er besteht aus einer Pars transversa (Musculus compressor naris) und einer Pars alaris (Musculus dilatator naris):

- Die **Pars transversa** des Musculus nasalis presst die Nasenflügel zusammen – sie entspringt an der Maxilla. Ihre Fasern ziehen nach kranial und medial, um zusammen mit Fasern der Gegenseite an der Aponeurose des Nasenrückens anzusetzen.
- Die **Pars alaris** des Musculus nasalis zieht die Cartilagines alares nach kaudal lateral und erweitert so die Nasenlöcher – sie entspringt unterhalb und medial der Pars transversa an der Maxilla und inseriert an der Cartilago alaris.

Abb. 8.52



Nasale Gruppe der Gesichtsmuskulatur.

842
843

Musculus procerus

Der **Musculus procerus** ist ein kleiner Muskel, der dem Os nasale aufliegt und beim Stirnrunzeln aktiviert wird (Abb. 8.52). Sein Ursprung befindet sich am Os nasale und am oberen Teil der Cartilago nasi lateralis; er setzt in der Haut des unteren Stirnbereichs zwischen den Augenbrauen an. Der Musculus procerus kann zudem mit dem Venter frontalis des Musculus occipitofrontalis der Kopfschwarte verbunden sein.

Der Muskel zieht das mediale Ende der Augenbraue nach kaudal und erzeugt so transveral verlaufende Falten auf dem Nasenrücken.

Musculus depressor septi nasi

Der dritte Muskel der nasalen Gruppe ist der **Musculus depressor septi nasi**. Er ist ebenfalls ein Muskel, der der Erweiterung der Nasenlöcher dient (Abb. 8.52). Er entspringt an der Maxilla oberhalb des medialen Schneidezahns und inseriert am unteren Teil des Nasenseptums.

Der Musculus depressor nasi zieht die Nase nach kaudal. Dabei unterstützt er die Pars alaris des Musculus nasalis beim Erweitern der Nasenlöcher.

Orale Gruppe

Die Muskeln der oralen Gruppe dienen der Bewegung von Lippe und Wangen. Zu ihnen gehören die Musculi orbicularis oris und buccinator sowie eine untere und obere Muskelgruppe (Abb. 8.50).

Musculus orbicularis oris

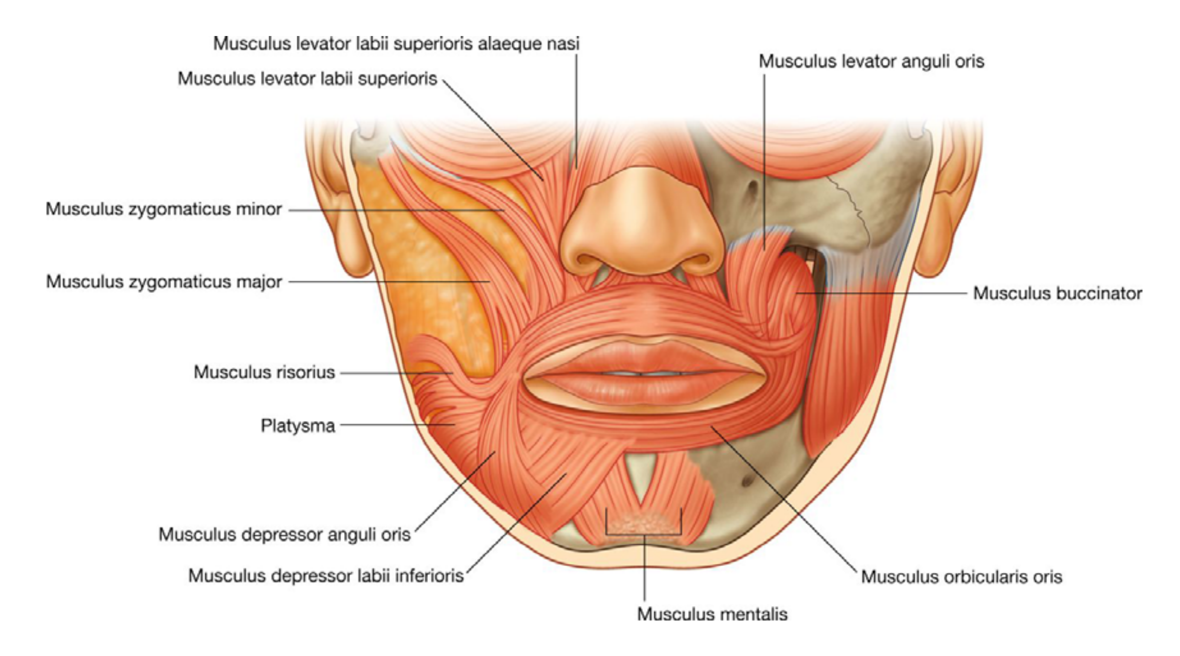
Der **Musculus orbicularis oris** ist ein komplex aufgebauter Ringmuskel, dessen Fasern den Mund kreisförmig umgeben (Abb. 8.53). Seine Funktion lässt sich darstellen, indem man die Lippen wie zum Pfeifen spitzt. Die weiter außen liegenden Fasern bilden die Pars marginalis. Die Fasern, die die muskuläre Grundlage der Lippe bilden, sind die Pars labialis. Einige Fasern entspringen direkt unterhalb der Nasenwurzel im Bereich der Mittellinie von der Maxilla; kaudal sind die Fasern an der Mandibula fixiert. Außerdem strahlen weitere Fasern aus dem Musculus buccinator der Wange sowie von zahlreichen anderen auf die Lippen wirkenden Muskeln ein. Die Fasern inserieren in der Haut und der Schleimhaut der Lippen sowie am Musculus orbicularis oris selbst.

Eine Kontraktion des Musculus orbicularis oris verengt den Mund und schließt die Lippen.

Musculus buccinator

Der **Musculus buccinator** stellt die muskuläre Grundlage der Wange dar und wird immer dann eingesetzt, wenn Luft aus der aufgeblähten Wange kraftvoll ausgestoßen wird (Abb. 8.53 und 8.54). Er liegt an der Grenze zwischen Maxilla und Mandibula unter den anderen Gesichtsmuskeln der anterolateralen Gesichtsregion und ist der einzige mimische Muskel, der von einer Faszie umhüllt wird.

Abb. 8.53



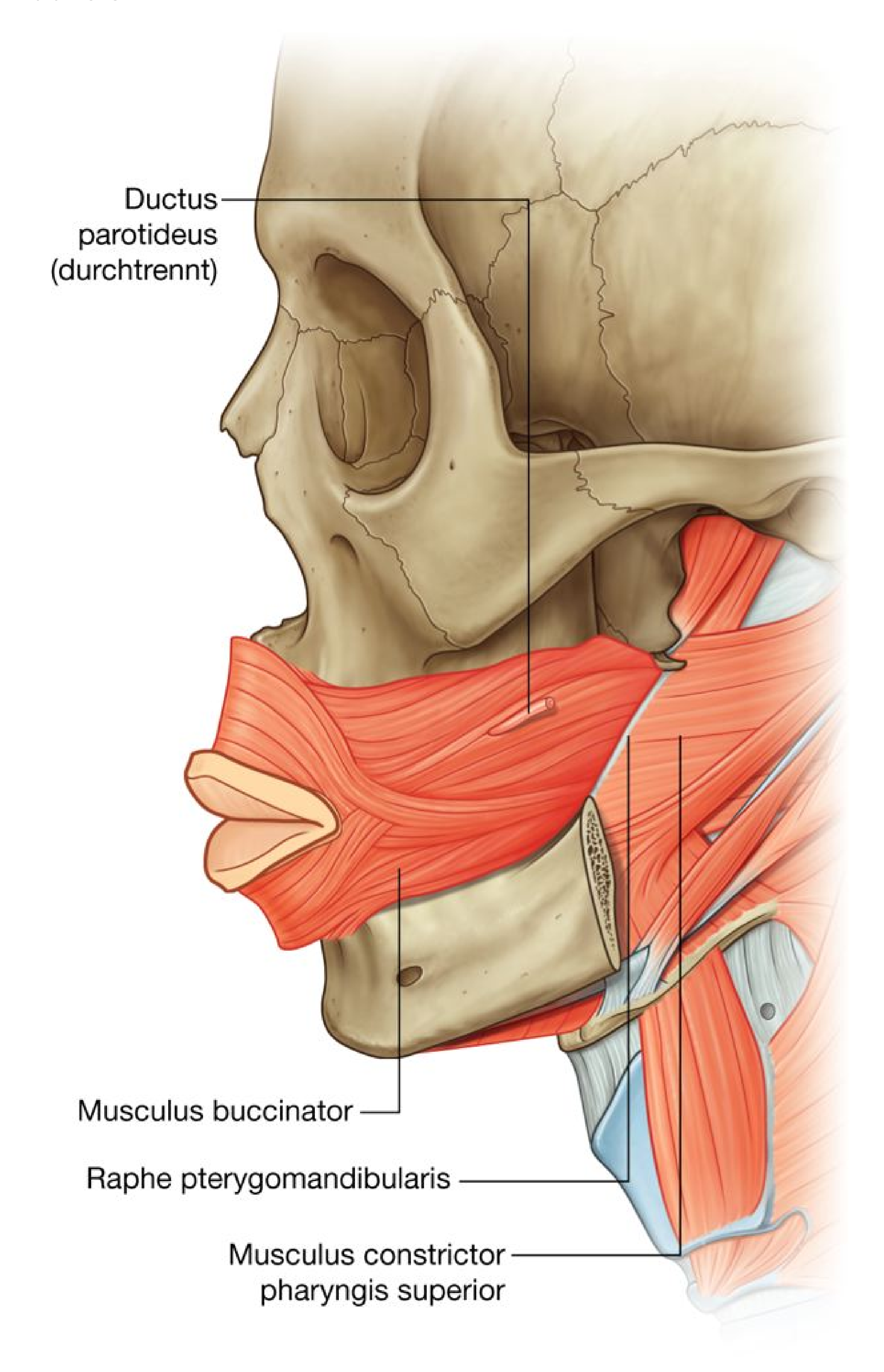
Orale Gruppe der Gesichtsmuskulatur.

Der Musculus buccinator entspringt am hinteren Anteil der Maxilla und der Mandibula gegenüber den Molaren sowie an der **Raphe pterygomandibularis**, einem sehnenartigen 843 844 Band, das kranial am Hamulus pterygoideus und kaudal an der Mandibula befestigt ist. Die Raphe dient den Musculi buccinator und constrictor pharyngis superior als Ansatz.

Die Fasern des Musculus buccinator ziehen nach vorn zur Lippe. Hier verflechten sie sich mit den Fasern des Musculus orbicularis oris. Zentrale Fasern des Musculus buccinator überkreuzen sich derart, dass die unteren Fasern in die Oberlippe und die oberen Fasern in die Unterlippe einstrahlen (Abb. 8.54). Die obersten und untersten Fasern des Musculus buccinator verlaufen ungekreuzt zu Ober- und Unterlippe.

Kontraktion des Musculus buccinator versteift die Wange und presst sie gegen die Zähne. Dadurch wird verhindert, dass sich Nahrung zwischen Zähnen und Wange ansammelt. Außerdem verhindert die Kontraktion, dass man sich beim Kauen auf die Wange beißt. Der Musculus buccinator spielt zudem beim Ausblasen von Luft aus der mit Luft gefüllten Mundhöhle eine wichtige Rolle (z.B. beim Spielen von Blechblasinstrumenten wie Trompete oder Posaune).

Abb. 8.54



Musculus buccinator.

Untere Gruppe der Mundmuskulatur

Die Muskeln der unteren Gruppe sind die Musculi depressor anguli oris, depressor labii inferioris und mentalis (Abb. 8.53).

- Der **Musculus depressor anguli oris** zieht den Mundwinkel nach unten und verlängert dadurch die Nasolabialfalte. Er entspringt am anterolateralen Anteil von der Mandibula unterhalb von Eckzahn, Prämolaren und erstem Molaren und strahlt in die Haut des Mundwinkels und des oberen Anteils des Musculus orbicularis ein.
- Der **Musculus depressor labii inferioris** entspringt an der Vorderseite der Mandibula unterhalb des Musculus depressor anguli oris. Seine Fasern ziehen nach kranial und medial. Dabei kreuzen Fasern der einen Seite zur Gegenseite und umgekehrt. Ferner legen sich einige Fasern des Musculus orbicularis oris an, bevor sie an der Unterlippe ansetzen. Der Musculus depressor labii inferioris zieht die Unterlippe nach unten und bewegt sie nach lateral.
- Der **Musculus mentalis** hilft dabei, die Lippe beim Trinken aus einer Tasse/einem Glas oder beim Schmollen zu positionieren. Er ist der am weitesten kaudal liegende Muskel der unteren Gruppe. Er entspringt von der Mandibula genau unterhalb des lateralen Schneidezahns. Seine Fasern ziehen abwärts und nach medial, um in der Haut des Kinns zu inserieren. Der Musculus mentalis hebt die Unterlippe an und zieht sie nach vorn. Hierdurch wird die Haut des Kinns gerunzelt.

Obere Gruppe der Mundmuskulatur

Zu den Muskeln der oberen Gruppe der Mundmuskulatur gehören die Musculi risorius, zygomaticus major, zygomaticus minor, levator labii superioris, levator labii superioris alaeque nasi und levator anguli oris (Abb. 8.50).

- Der **Musculus risorius** ist am Grinsen beteiligt (Abb. 8.50). Er ist ein dünner, oberflächlich gelegener Muskel, der vom Mundwinkel nach lateral und leicht nach oben gerichtet verläuft. Die Kontraktion seiner Fasern zieht den Mundwinkel nach lateral oben.
- Die **Musculi zygomatici major** und **minor** sind für die Entstehung des Lächelns verantwortlich. Der Musculus zygomaticus major ist ein oberflächlicher Muskel, der unter dem Musculus orbicularis oculi entlang dem hinteren Anteil der Seitenfläche des Os zygomaticum entspringt, nach unten und vorn zieht, sich mit Fasern des Musculus orbicularis oris vermischt und in der Haut des Mundwinkels ansetzt. Der Musculus zygomaticus minor entspringt am Os zygomaticum rostral des Ursprungs des Musculus zygomaticus major. Er verläuft parallel von diesem und strahlt in die Oberlippe medial des Mundwinkels ein. Beide Musculi zygomatici heben den Mundwinkel an und bewegen ihn nach lateral.

844
845

- Der **Musculus levator labii superioris** vertieft die Furche zwischen Nase und Mundwinkel (Nasolabialfalte) bei einem traurigen Gesichtsausdruck. Er entspringt an der Maxilla unmittelbar oberhalb des Foramen infraorbitale. Seine Fasern ziehen nach kaudal und in medialer Richtung, um mit dem Musculus orbicularis oris zu verschmelzen und in der Haut der Oberlippe anzusetzen.
- Der **Musculus levator labii superioris alaeque nasi** liegt medial vom Musculus levator labii superioris, entspringt an der Maxilla neben der Nase und inseriert an der Cartilago alaris nasi und an der Oberlippe. Der Muskel ist an der Erweiterung der Nasenlöcher beteiligt.
- Der **Musculus levator anguli oris** liegt tiefer als die beiden anderen Musculi levatores. Er wird von den Musculi zygomatici bedeckt und entspringt an der Maxilla unmittelbar kaudal vom Foramen infraorbitale. Er inseriert in der Haut des Mundwinkels. Funktionell hebt er den Mundwinkel an und ist an der Vertiefung der Nasolabialfalte im Rahmen eines traurigen Gesichtsausdrucks beteiligt.

Weitere mimische Muskeln oder Muskelgruppen

Verschiedene weitere Muskeln oder Muskelgruppen, die nicht im als Gesicht definierten Bereich liegen, sich aber ennoch vom zweiten Kiemenbogen ableiten und durch den Nervus facialis [VII] innerviert werden, gehören ebenfalls zur mimischen Muskulatur. Dies sind das Platysma, die Musculi auriculares und der Musculus occipitofrontalis (Abb. 8.50).

Platysma

Das **Platysma** ist eine große dünne Muskelplatte oberhalb der oberflächlichen Halsfaszie (Fascia cervicalis superficialis). Es entspringt an der Clavicula im oberen Bereich des Thorax und verläuft über den Hals nach kranial bis zur Mandibula. Dort inserieren die mehr medial gelegenen Fasern an der Mandibula; die lateralen Fasern strahlen in die um den Mund gelegenen mimischen Muskeln ein.

Das Platysma spannt die Haut des Halses.

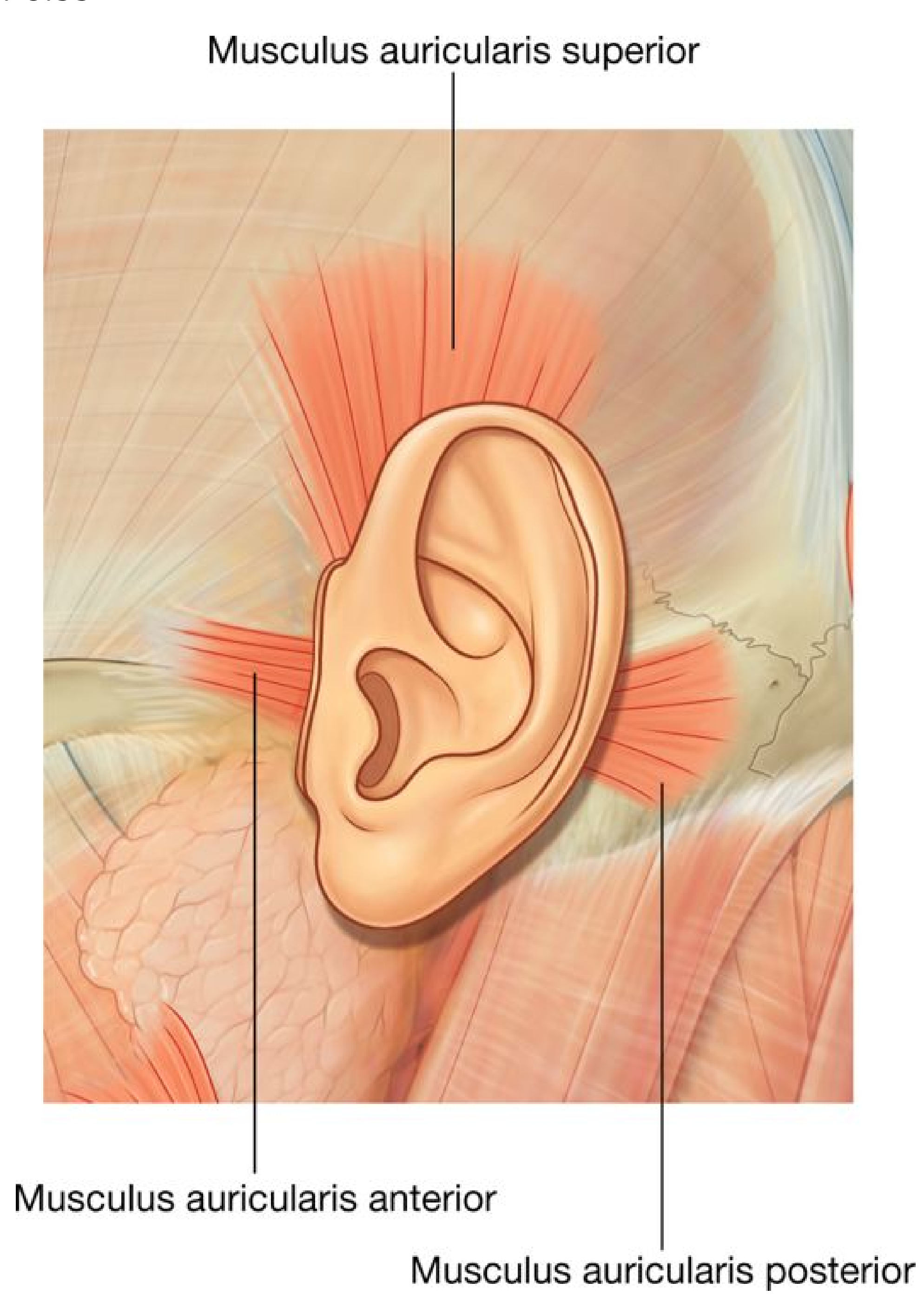
Musculi auriculares

Drei der hier als „weitere Muskeln der mimischen Muskulatur“ bezeichneten Muskeln sind mit dem Ohr assoziiert – die **Musculi auriculares** anterior, superior und posterior (Abb. 8.55):

- Der Musculus auricularis anterior liegt anterolateral der Ohrmuschel und zieht sie nach oben und vorn.
- Der Musculus auricularis superior liegt oberhalb der Ohrmuschel und hebt sie an.
- Der Musculus auricularis posterior liegt hinter der Ohrmuschel und zieht sie nach hinten oben.

Die Musculi auriculares gehören zu einem rudimentären Sphinktersystem, das bei verschiedenen Tieren, insbesondere Winterschläfern, gut ausgebildet ist (um beim Winterschlaf vor Geräuschen zu schützen). Zahlreiche Tiere besitzen im Gegensatz zum Menschen kräftige Musculi auriculares. So können Pferde oder Kaninchen ihre Ohrmuscheln einem Geräusch entsprechend ausrichten. Manche Menschen können ihre rudimentären Musculi auriculares noch betätigen. In diesem Fall bewegt sich die Ohrmuschel leicht. Außer den genannten Muskeln können zahlreiche weitere kleine mimische Muskeln um und an der Ohrmuschel auftreten.

Abb. 8.55



Musculi auriculares.

Musculus occipitofrontalis

Der **Musculus occipitofrontalis** liegt in der Kopfschwarte (Abb. 8.50). Er besteht aus einem rostralen Venter frontalis und einem dorsalen Venter occipitalis. Beide Bäuche sind durch eine Aponeurose (Galea aponeurotica) verbunden:

- Der Venter frontalis bedeckt die Stirn und ist in der Haut der Augenbrauen befestigt.
- Der Venter occipitalis entspringt am hinteren Teil des Schädels und ist kleiner als der Venter frontalis.

Der Musculus occipitofrontalis bewegt die Kopfhaut und legt die Stirn in Falten.

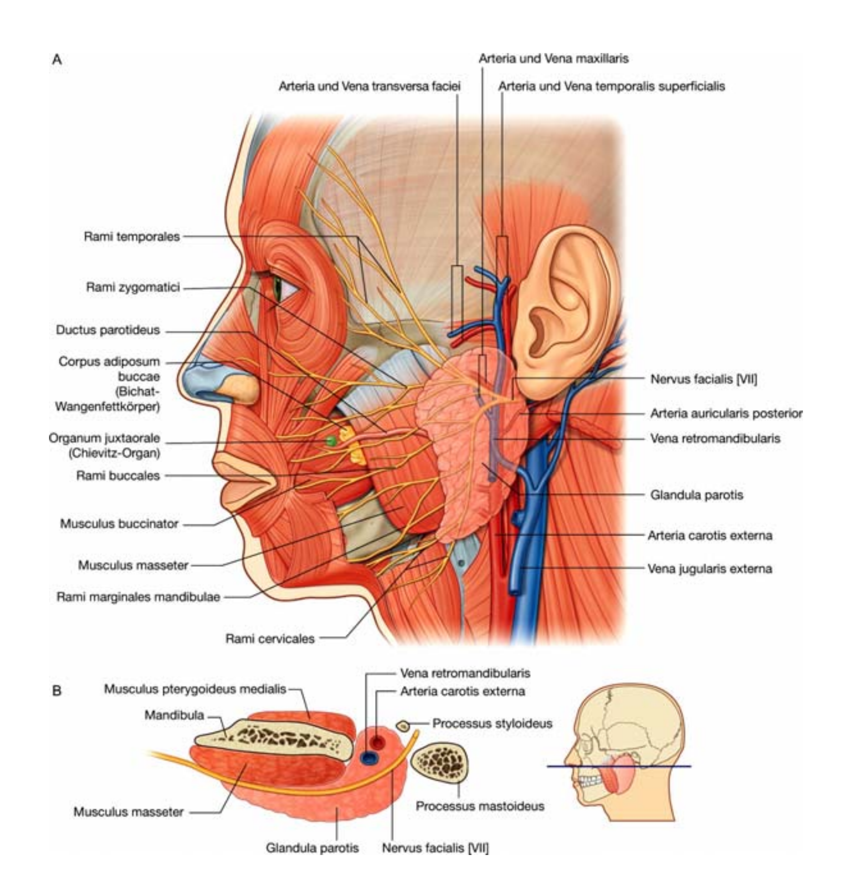
845

846

Glandula parotidea

Die Glandula parotidea ist die größte der drei großen paarigen Speicheldrüsen des Kopfes und wird von verschiedenen Strukturen durchquert. Sie besitzt eine eigene Faszie und liegt vor und unterhalb der unteren Hälfte der Ohrmuschel sowie oberhalb, hinter und unterhalb des Ramus mandibulae (Abb. 8.56). Die Glandula parotidea erstreckt sich variabel kaudal bis zum Unterrand der Mandibula und kranial bis zum Arcus zygomaticus. Dorsal bedeckt sie den Vorderteil des Musculus sternocleidomastoideus und ragt rostral bis zur Hälfte über den Musculus masseter.

Abb. 8.56



Glandula parotidea. **A**. Seitenansicht. **B**. Querschnitt.

Der **Ductus parotideus** verlässt den vorderen Abschnitt der Glandula parotidea etwa in der Mitte zwischen Arcus zygomaticus und Mundwinkel (Abb. 8.56). Er verläuft horizontal über den Musculus masseter nach vorn, überquert das Corpus adiposum buccae (Bichat-Wangenfettkörper), setzt sich auf den Musculus buccinator fort, knickt nach medial um, durchbricht den Musculus buccinator und mündet auf Höhe des ersten bis zweiten oberen Molaren in die Mundhöhle.

Das **Corpus adiposum buccae** (Bichat-Wangenfettkörper) bildet die Wangenkontur (Abb. 8.56). *Bei Patienten mit Tumorkachexie (Abmagerung aufgrund des Tumors) oder bei HIV-Infektion können die Wangen durch Abbau des Wangenfettkörpers eingefallen sein.*

Nahe der Mündung des Ductus parotideus, aber ohne direkte Verbindung zu ihm liegt ein reiskorngroßes epitheliales nervenreiches Gebilde, das dem Speicheldrüsengewebe der Glandua parotidea makroskopisch ähnelt. Es wird als juxtaorales Organ (Chievitz-Organ bezeichnet; Abb. 8.56). Seine Funktion ist unbekannt. *Bei Unkenntnis wurde es schon häufig fälschlicherweise mit einem bösartigen Tumor verwechselt und mit allen daraus resultierenden Konsequenzen reseziert.*

Wichtige Beziehungen

Zahlreiche wichtige Strukturen treten in die Glandula parotidea und durchqueren sie oder verlaufen in der Tiefe direkt unter ihr hindurch. Dazu gehören der Nervus facialis [VII], die Arteria carotis externa und deren Äste sowie die Vena retromandibularis und deren Zuflüsse (Abb. 8.56).

Nervus facialis

Der Nervus facialis [VII] verlässt den Schädel durch das Foramen stylomastoideum, biegt nach rostral um und verzweigt sich in der Glandula parotidea (Plexus parotideus). Die Äste ziehen durch das Drüsenparenchym der Glandula parotidea und verzweigen sich weiter. Im Anfangsteil bilden sie dabei zahlreiche Anastomosen untereinander aus (Plexus parotideus).

Fünf terminale Astgruppen des Nervus facialis [VII] – **Rami temporales, Rami zygomatici, Rami buccales, Rami marginales mandibulae** und der **Ramus colli** – verlassen die Glandula parotidea an ihrem oberen, ihrem vorderen und ihrem unteren Pol (Abb. 8.56).

Die enge topographische Beziehung zwischen Nervus facialis [VII] und Glandula parotidea macht die chirurgische Entfernung der Drüse z.B. im Rahmen einer Tumoroperation zu einem äußerst anspruchsvollen Eingriff, da sämtliche Äste des Nervus facialis [VII] erhalten werden müssen, um keine Teilparesen der Gesichtsmuskulatur auszulösen.

Arteria carotis externa und ihre Äste

Die Arteria carotis externa tritt in die Glandula parotidea ein oder verläuft in der Tiefe unterhalb der Parotis durch die Fossa retromandibularis (Abb. 8.56). Auf ihrem Weg nach kranial gibt sie die **Arteria auricularis posterior** ab, bevor sie sich nahe dem Unterrand der Ohrmuschel in ihre beiden Endäste (**Arteria maxillaris** und **Arteria temporalis superficialis**) aufteilt:

- Die Arteria maxillaris verläuft horizontal durch die tiefe Gesichtsregion nach rostral.
- Die Arteria temporalis superficialis zieht weiter nach kranial und tritt am oberen Pol der Drüse hervor. Zuvor gibt sie noch die **Arteria transversa faciei** ab, die in horizontaler Richtung nach rostral zieht.

Vena retromandibularis und ihre Zuflüsse

Die Vena retromandibularis geht innerhalb des Parenchyms der Glandula parotidea aus der Vereinigung von **Vena temporalis superficialis** und **Vena maxillaris** hervor (Abb. 8.56). Sie verläuft in der Tiefe (Fossa retromandibularis) innerhalb des Drüsenparenchyms nach kaudal. Normaerweise teilt sie sich unmittelbar unterhalb des unteren Drüsenpols in einen vorderen und einen hinteren Ast auf.

Arterielle Versorgung

Die arterielle Blutversorgung der Glandula parotidea erfolgt über die Arterien und Äste dieser Arterien, die durch die Drüse und in deren unmittelbarer Nachbarschaft verlaufen.

Innervation

Die sensible Innervation der Glandula parotidea erfolgt über den **Nervus auriculotemporalis**, einen Ast des Nervus mandibularis [V_3]. Der Nervus mandibularis (Nervus trigeminus) verlässt die Schädelhöhle durch das Foramen ovale.

Der Nervus auriculotemporalis führt außerdem sekretorische Fasern zur Glandula parotidea. Diese postganglionären parasympathischen Fasern haben ihren Ursprung im Ganglion oticum, das mit dem Nervus mandibularis [V_3] assoziiert ist und unmittelbar unterhalb des Foramen ovale liegt.

Präganglionäre parasympathische Fasern gelangen mit dem Nervus glossopharyngeus [IX] (Nucleus salivatorius inferior im Hirnstamm) via Nervus tympanicus, Plexus tympanicus und Nervus petrosus minor (= Jacobson-Anastomose) zum Ganglion oticum.

847

848

Klinik

Glandula parotidea

Die Glandula parotidea ist die größte der paarigen Speicheldrüsen und besitzt eine eigene, die Drüse vollständig umhüllende Faszie (Fascia parotidea).

Die Glandula parotidea produziert Speichel. Speichel, für dessen Sekretion Endstückzellen verantwortlich sind, besteht zu 99 % aus Wasser. Der in das Endstück sezernier-te Primärspeichel ist isoton. Er wird durch Rückresorption von Natrium und Cloridionen im Streifenstück zum hypotonen Sekundärspeichel, der schließlich sezerniert wird. Speichel enthält zudem Speichelamylase, antimikrobiell wirksame Proteine und Peptide sowie verschiedene Muzi-ne (Hauptbestandteil des Schleims), die Voraussetzung für die Bildung eines Speisebreis sind und die Passage des Bolus in den oberen Gastrointestinaltrakt erleichtern.

Tumoren der Glandula parotidea

Die häufigsten Tumoren der Glandula parotidae (Abb. 8.57) sind benigne und betreffen typischerweise den oberflächlicher gelegenen Anteil der Drüse. Zu ihnen gehören das pleomorphe Adenom und das Adenolymphom. Bei Resektion des Tumors muss die Beziehung zu den Ästen des Nervus facialis [VII] beachtet werden, um diese nicht zu schädigen. Wenn der Tumor sich bis in die tieferen Bereiche der Drüse ausdehnt, muss der Patient eine mögliche partielle Schädigung des Nervus facialis [VII] in Kauf nehmen. Pleomorphe Adenome und Adenolympho-me werden immer operiert, da sie verdrängend wachsen.

Steine der Glandula parotidea (Sialolithen)

Nicht selten entwickeln sich innerhalb der Glandula parotidea Steine. Meist treten sie an der Vereinigung der Hauptausführungsgänge und im Ductus parotideus auf. Der Patient klagt typischerweise über starke Schmerzen beim Essen und meidet oft Speisen, die einen starken Speichelfluss bewirken. Der Schmerz kann klinisch leicht durch einen mit einer sauren Flüssigkeit (Zitronensaft) getränkten Watteträger, an dem der Patient lutscht, ausgelöst werden.

Die Art der operativen Entfernung hängt von der Lage des Steins ab. Liegt er im vorderen Bereich des Ductus parotideus, so genügt ein einfacher Schnitt in die Wangenschleimhaut zur Entfernung. Liegt der Stein weiter hinten im Anfangsteil des Hauptausführungsgangs, kann eine vollständige Exzision der Drüse erforderlich werden.

SMAS („superficial muscular aponeurotic system“)

Oberhalb der Parotisfaszie liegt in der Haut der seitlichen Gesichtsregion eine weitere faszienartige Bindegewebsschicht, die vorn bis zum Musculus orbicularis oculi reicht und sich nach dorsal bis an die Ohrmuschel fortsetzt. Diese Faszie macht man sich beim sog. Facelift zunutze. Über einen präaurikulären Schnitt wird ein Teil der Faszie zusammen mit der darüberliegenden Haut und dem subkutanen Bindegewebe reseziert. Der neu gebildete Schnittrand der Faszie wird nach dorsal gezogen und mit Nähten an der Fascia parotidea fixiert, die Haut darüber kosmetisch akkurat vernäht. Das vormals „faltige“ Gesicht wirkt durch die Hautstraffung deutlich verjüngt.

Abb. 8.57



Tumor in der Glandula parotidea. Axiale CT-Aufnahme.

848

Innervation

Im Laufe der Entwicklung verbindet sich mit jedem Kiemenbogen ein Hirnnerv. Da sich das Gesicht vor allem vom ersten und zweiten Kiemenbogen ableitet, variiert die Innervation benachbarter Strukturen des Gesichts folgendermaßen:

- Der Nervus trigeminus [V] innerviert Gesichtsstrukturen, die aus dem ersten Kiemenbogen hervorgegangen sind.
- Der Nervus facialis [VII] innerviert Gesichtsstrukturen, die aus dem zweiten Kiemenbogen hervorgegangen sind.

Sensible Innervation

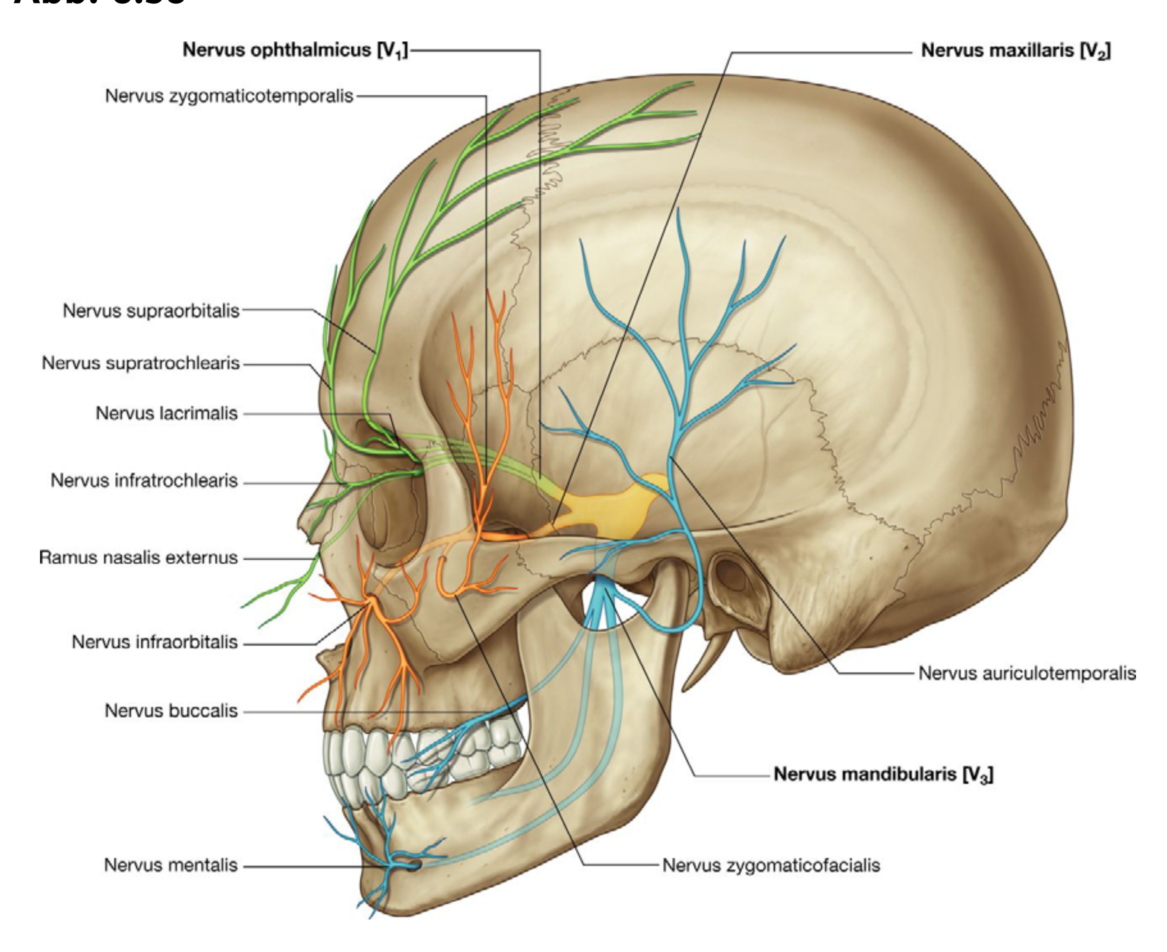
Das Gesicht entsteht im Laufe der Ontogenese aus einer Reihe von Strukturen, die sich vom ersten Kiemenbogen ableiten. Daher erfolgt die Hautinnervation des Gesichts durch Äste des ersten Kiemenbogennervs, des Nervus trigeminus [V].

Der Nervus trigeminus [V] teilt sich in drei große Äste – Nervus ophthalmicus [V_1], Nervus maxillaris [V_2] und Nervus mandibularis [V_3] –, bevor er die mittlere Schädelgrube verlässt (Abb. 8.58). Jeder der drei Äste tritt an einer anderen Stelle durch die Schädelbasis, um Teile des Gesichts zu innervieren. Somit wird der Großteil der Gesichtshaut von Ästen des Nervus trigeminus [V] innerviert. Eine Ausnahme bildet ein kleines Hautareal am Angulus mandibulae, dem Unterrand des Ramus mandibulae sowie eines Teils hinter und auf der Rückseite der Ohrmuschel. Diese Hautareale werden durch Zervikalnerven und den Nervus facialis innerviert.

Nervus ophthalmicus [V_1]

Der Nervus ophthalmicus [V_1] verlässt den Schädel durch die Fissura orbitalis superior und gelangt in die Orbita. Seine Äste (Abb. 8.58), die das Gesicht innervieren, sind

Abb. 8.58



Austritt des Nervus trigeminus [V] aus dem Schädel.

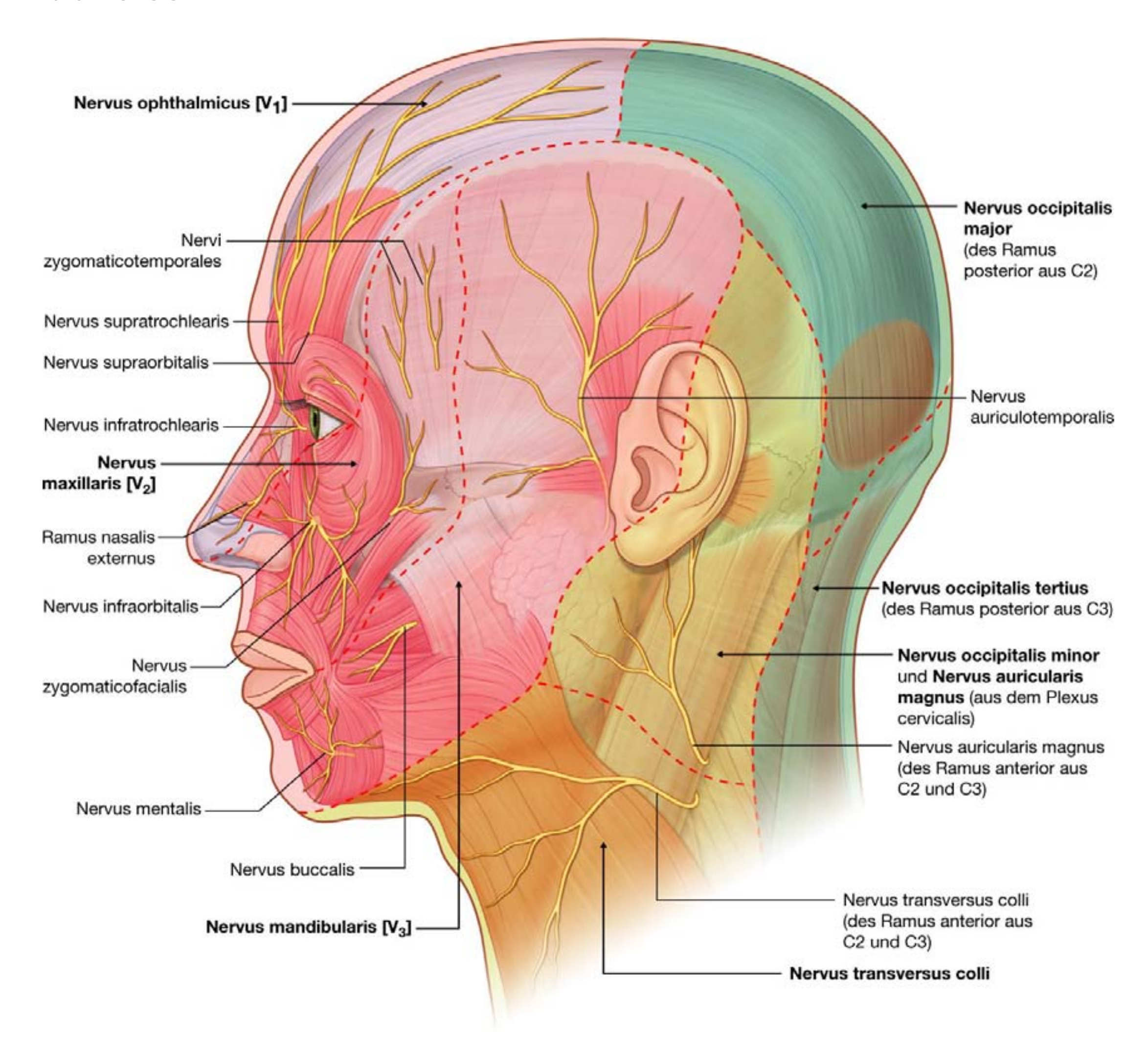
- der **Nervus supraorbitalis** und der **Nervus supratrochlearis**, die beide die Orbita an deren Oberrand verlassen und das Oberlid, die Stirn und die Kopfhaut innervieren

849

850

- der **Nervus infraorbitalis**, der die Orbita knapp oberhalb des medialen Augenwinkels verlässt und die mediale Hälfte des oberen Augenlids, die Haut im Bereich des medialen Lidwinkels und den Nasenflügel innerviert
- der **Nervus lacrimalis**, der die Orbita im laterokranialen Augenwinkel verlässt und die laterale Hälfte des Oberlids und die Haut im Bereich des lateralen Augenwinkels innerviert
- der **Ramus nasalis externus**, der den unteren äußeren Abschnitt bis zur Nasenspitze sensibel innerviert (Abb. 8.59).

Abb. 8.59



Hautäste des Nervus trigeminus [V].

Nervus maxillaris [V_2]

Der Nervus maxillaris [V_2] verlässt die Cavitas cranii durch das Foramen rotundum. Seine Äste (Abb. 8.58), die das Gesicht innervieren, sind

- ein kleiner **Ramus zygomaticotemporalis**, der das Os zygomaticum verlässt und ein kleines Hautareal im Bereich der Schfäfe oberhalb des Arcus zygomaticus innerviert
- ein kleiner **Ramus zygomaticofacialis**, der durch das Os zygomaticum zieht und ein kleines Hautareal über dem Os zygomaticum innerviert

850

851

- der große **Nervus infraorbitalis**, der die Maxilla durch das Foramen infraorbitale verlässt und sich unmittelbar danach in zahlreiche Äste zur Versorgung des unteren Augenlids, der Wange, des Nasenflügels und der Oberlippe aufteilt (Abb. 8.59).

Nervus mandibularis [V_3]

Der Nervus mandibularis [V_3] verlässt die Schädelhöhle durch das Foramen ovale. Seine sensiblen Äste aus dem Gesicht (Abb. 8.59) sind

- der **Nervus auriculotemporalis**, der das Gesicht direkt hinter der Articulatio temporomandibularis verlässt, durch die Glandula parotidea zieht und unmittelbar vor der Ohrmuschel nach kranial aufsteigt. Er führt sensible Fasern vom Meatus acusticus externus, von der Oberfläche des Trommelfells und aus der Haut eines Großteils der Schläfe.
- der **Nervus buccalis**, der auf der Oberfläche des Musculus buccinator liegt und die Wange innerviert
- der **Nervus mentalis**, der die Mandibula durch das Foramen mentale verlässt und sich anschließend in zahlreiche Äste aufteilt, die die Haut und Schleimhaut der Unterlippe und des Kinns innervieren (Abb. 8.59).

Motorische Innervation

Gesichtsmuskulatur sowie Muskulatur der Ohrmuschel und der Kopfschwarte gehen gemeinsam aus dem zweiten Kiemenbogen hervor. Zweiter Kiemenbogennerv ist der Nervus facialis [VII]. Somit werden sämtliche mimischen Muskeln von Ästen des Nervus facialis [VII] innerviert.

Der Nervus facialis [VII] verlässt die hintere Schädelgrube durch den Meatus acusticus internus. Er zieht in einem knöchernen Kanal durch das Os temporale und gibt hier in seinem Verlauf drei Äste ab. Er verlässt die Schädelbasis wieder über das Foramen stylomastoideum (Abb. 8.60). Kurz nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum gibt er den Nervus auricularis posterior ab. Der Ast zieht nach dorsal oben hinter die Ohrmuschel und innerviert den **Musculus auricularis posterior** sowie den Venter occipitalis des Musculus occipitofrontalis der Kopfschwarte.

Der sich nach vorn wendende Hauptstamm des Nervus facialis [VII] gibt danach einen weiteren Ast zum Venter posterior des Musculus digastricus und zum Musculus stylohyoideus ab. Im weiteren Verlauf nach rostral dringt der Nervus facialis [VII] zwischen oberflächlichen und tiefen Anteil der Glandula parotidea ein (Abb. 8.60B).

Innerhalb der Glandula parotidea verzweigt sich der Nervus facialis [VII]. Der Hauptstamm teilt sich meist in einen oberen Ramus temporofacialis und einen unteren Ramus cervicofacialis. Zwischen den beiden Ästen kommt es zum vielfachen Faseraustausch, sodass ein Nervenplexus (Plexus parotideus) innerhalb des Drüsenparenchyms der Glandula parotidea entsteht.

Unabhängig davon, wie viele Querverbindungen zwischen den beiden Ästen vorhanden sind, gehen fünf terminale Astgruppen aus dem Plexus parotideus des Nervus facialis [VII]

hervor – Rami temporales, Rami zygomatici, Rami buccales, Rami marginales mandibulae und der Ramus colli (Abb. 8.60A).

Obwohl es zahlreiche Varianten im Verzweigungsmuster der fünf terminalen Astgruppen gibt, sieht das Aufzweigungsmuster grundsätzlich folgendermaßen aus:

- Die Rami temporales verlassen den oberen Abschnitt der Glandula parotidea, um Muskeln im Bereich der Schläfe, der Stirn und im supraorbitalen Bereich zu innervieren.
- Die Rami zygomatici treten aus dem anterosuperioren Abschnitt der Glandula parotidea aus und innervieren Muskeln des infraorbitalen Abschnitts im Bereich der Nasenflügel und der Oberlippe.
- Die Rami buccales verlassen den Vorderabschnitt der Glandula parotidea und innervieren die mimische Muskulatur im Bereich der Wange, der Oberlippe und des Mundwinkels.
- Die Rami marginales mandibulae verlassen die Glandula parotidea am anteroinferioren Bereich, um die Muskeln von Unterlippe und Kinn zu innervieren.
- Der Ramus colli tritt am Unterrand der Glandula parotidea aus und innerviert das Platysma.

Gefäße

Die arterielle Versorgung des Gesichts erfolgt in erster Linie über Äste der Arteria carotis externa und zusätzlich in geringem Maße über einen Ast der Arteria carotis interna.

Dementsprechend erfolgt der venöse Abfluss hauptsächlich über die Vena jugularis interna; ein Teil des venösen Abflusses erfolgt aber auch über klinisch relevante Verbindungen zum intrakraniellen Sinus cavernosus.

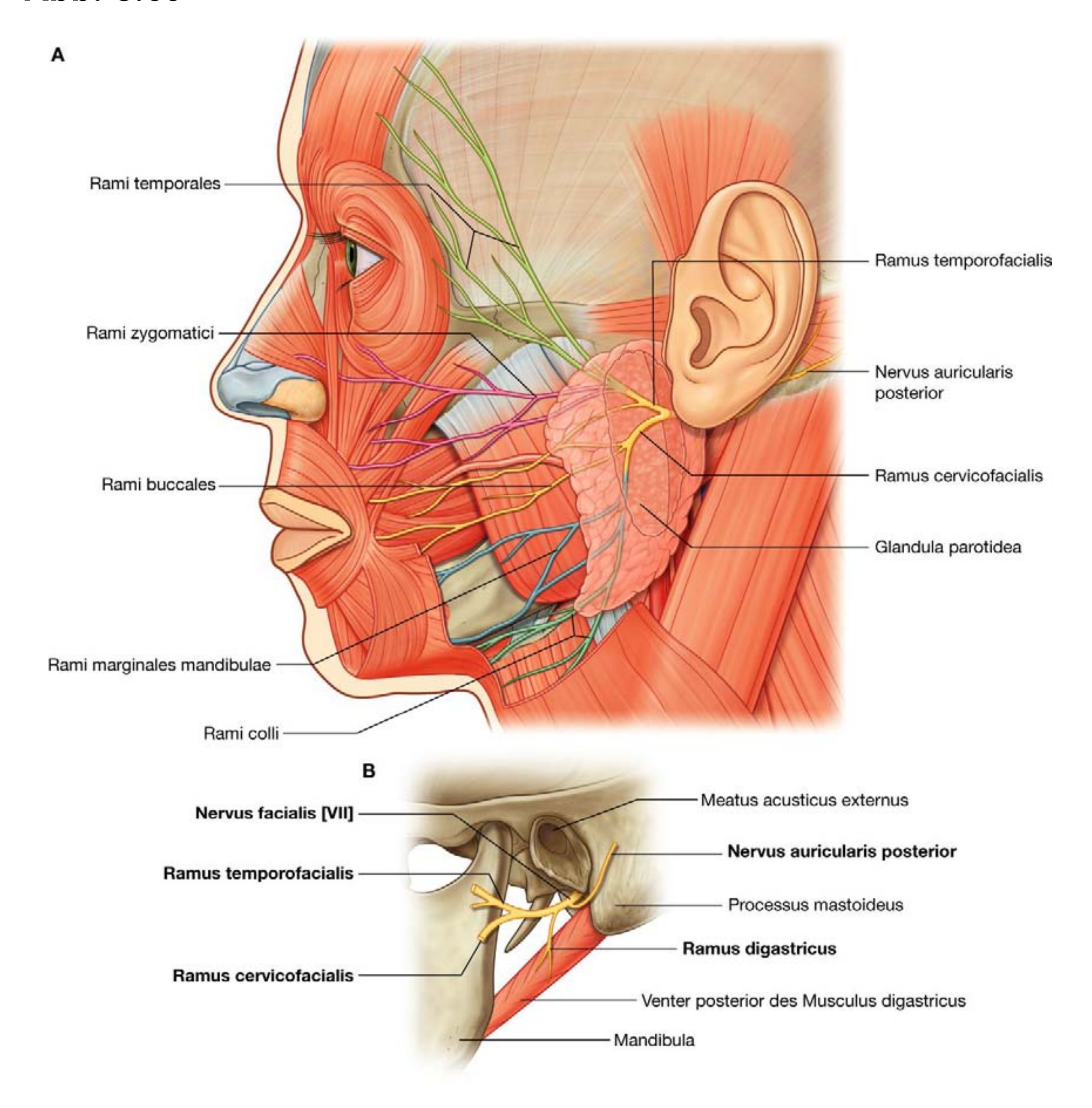
Arterien

Arteria facialis

Die Arteria facialis ist das wichtigste Gefäß für die Blutversorgung des Gesichts (Abb. 8.61). Die Arterie geht im Halsbereich in der Fossa retromandibularis hinter dem Angulus mandibulae als Ast aus der Arteria carotis externa hervor, verläuft aus der Tiefe des Halses nach vorn kranial und erreicht den Angulus mandibulae auf seiner Innenseite. Sie zieht entlang den Angulus mandibulae weiter nach vorn kaudal bis zum hinteren Pol der Glandula submandibularis am Unterrand des Corpus mandibulae. Hier windet sich die Arterie um die Mandibula (ihr Puls ist auf dem Corpus mandibulae tastbar) und zieht auf der Außenseite vor dem Musculus masseter in schräg aufsteigendem Verlauf und meist stark geschlängelt in das Gesicht. Die Arterie gelangt so beidseits bis nahe an den Mundwinkel, zieht weiter nach kranial seitlich an der Nase entlang und tritt im medialen Augenwinkel als **Arteria angularis** in die Orbita ein.

851
852

Abb. 8.60



Nervus facialis [VII] im Gesicht. **A**. Endäste. **B**. Äste vor Eintritt in die Glandula parotidea.

In ihrem Verlauf liegt die Arteria facialis unter dem Platysma sowie unter den Musculi risorius, zygomaticus major und zygomaticus minor. Sie zieht über die Musculi buccinator und levator anguli oris hinweg und verläuft entweder über den Musculus levator labii superioris oder durchbohrt ihn.

Äste, die aus der Arteria facialis hervorgehen, sind die Arteriae labialis superior, labialis inferior und nasalis lateralis (Abb. 8.61).

Die Arteriae labiales zweigen im Bereich des Mundwinkels ab:

- Die **Arteria labialis inferior** versorgt die Unterlippe.

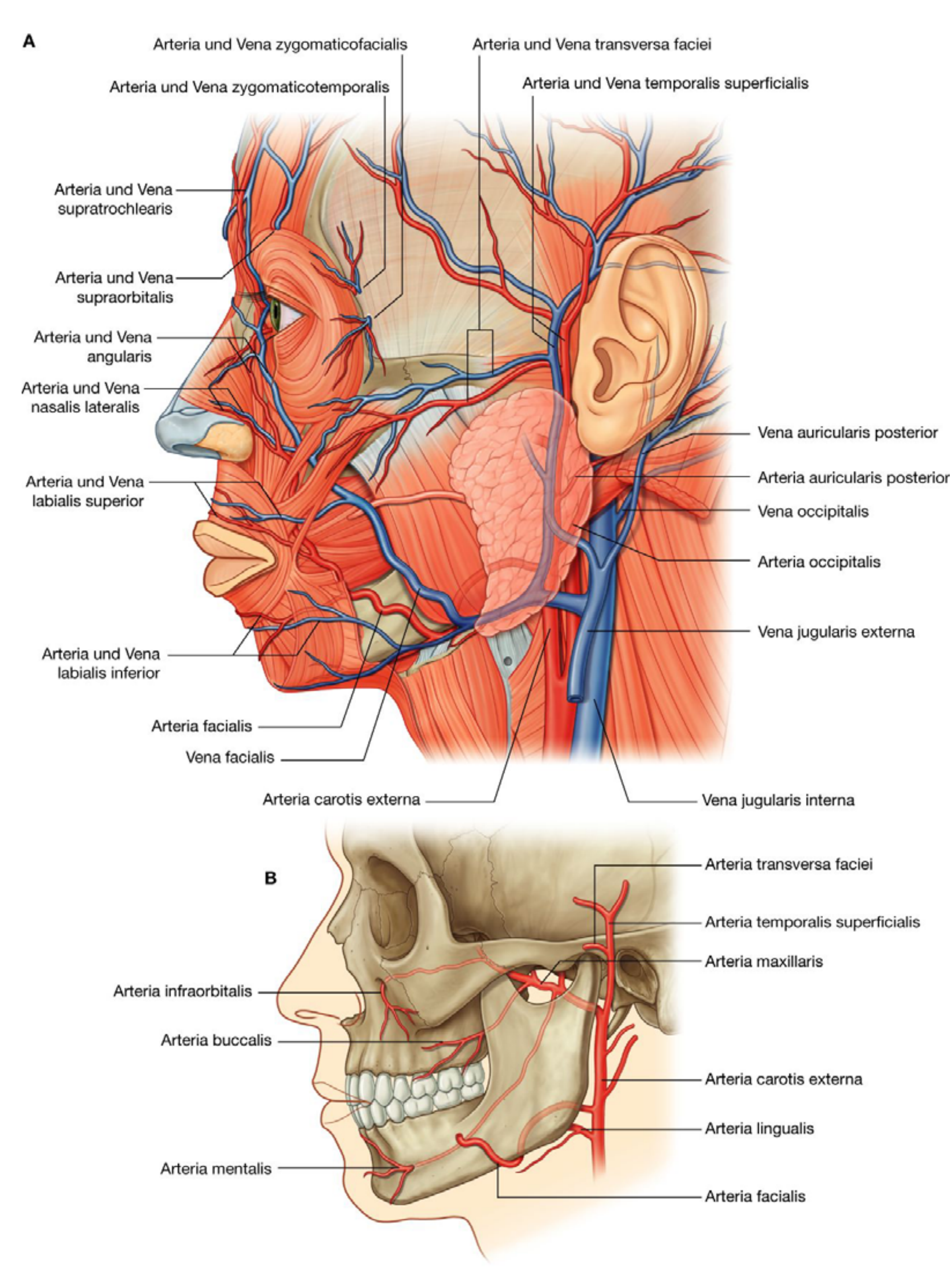
- Die **Arteria labialis superior** versorgt die Oberlippe und gibt zudem einen Ast zum Nasenseptum ab.

In der Nähe der Mittellinie anastomisieren die Arteria labialis superior und die Arteria labialis inferior jeweils mit ihrem Partner der anderen Gesichtshälfte. Dadurch besteht eine wichtige Verbindung zwischen der Arteria facialis und der jeweiligen Arteria carotis externa der Gegenseite. Darüber hinaus bilden die Arterien einen Gefäßkranz um die Mundöffnung.

852

853

Abb. 8.61



Gefäßsystem des Gesichts. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Äste der Arteria maxillaris.

853

Die **Arteria nasalis lateralis** ist ein kleiner Ast, der von der Arteria facialis abgeht und seitlich zur Nase verläuft. Er versorgt Nasenflügel und Nasenrücken.

Arteria transversa faciei

Ein Teil des Gesichts wird aus der Arteria transversa faciei mit Blut versorgt (Abb. 8.61). Die Arteria transversa faciei ist ein Ast der Arteria temporalis superficialis (der kleinere der beiden Endäste der Arteria carotis externa).

Die Arteria transversa faciei zweigt im Drüsenparenchym der Glandula parotidea von der Arteria temporalis superficialis nahezu rechtwinklig ab, durchquert die Drüse, tritt am Drüsenvorderrand aus und verläuft anschließend in horizontaler leicht absteigender Richtung durch das Gesicht nach vorn. Sie liegt der kranialen Oberkante des Musculus masseter direkt an und verläuft zwischen Arcus zygomaticus und Ductus parotideus.

Äste der Arteria maxillaris

Die Arteria maxillaris, der größere der beiden Endäste der Arteria carotis externa, gibt zahlreiche kleine Äste ab, die zur arteriellen Versorgung des Gesichts beitragen:

- Die **Arteria infraorbitalis** gelangt als einer der Endäste der Arteria maxillaris durch das Foramen infraorbitale in das Gesicht und versorgt das untere Augenlid, die Oberlippe und das Gebiet zwischen den beiden Strukturen.
- Die **Arteria buccalis** gelangt auf der Außenseite des Musculus buccinator zum Gesicht und versorgt Strukturen in diesem Gebiet.
- Die **Arteria mentalis** gelangt durch das Foramen mentale in das Gesicht und versorgt das Kinn.

Äste der Arteria ophthalmica

Zwei kleinere Arterien aus der Arteria carotis interna tragen ebenfalls zur arteriellen Versorgung des Gesichts bei. Diese Gefäße gehen aus der **Arteria ophthalmica**, einem Ast der Arteria carotis interna, nach deren Eintritt in die Orbita hervor:

- Die **Arteria zygomaticofacialis** ist ein Ast der Arteria lacrimalis aus der Arteria ophthalmica (Abb. 8.61). Sie gelangt durch das Foramen zygomaticofaciale in das Gesicht und versorgt dort den Bereich oberhalb des Arcus zygomaticus.
- Die **Arteria dorsalis nasi**, ein Endast der Arteria ophthalmica, tritt am medialen Rand der Orbita aus und versorgt den Nasenrücken.

Weitere Äste der Arteria ophthalmica (Arteria supraorbitalis und Arteria supratrochlearis) versorgen den vorderen Teil der Kopfschwarte.

Venen

Vena facialis

Die Vena facialis ist der bedeutendste venöse Abflussweg des Gesichts (Abb. 8.61). Das Gefäß beginnt im nasalen Lidwinkel aus der Vereinigung von **Vena supratrochlearis** und **Vena supraorbitalis** zur **Vena angularis**. (Die Vena angularis verbindet die intraorbital verlaufende Vena ophthalmica superior mit der Vena facialis.) Kurz nach Ausbildung der Vena angularis heißt die Vene per definitionem in ihrem Verlauf nach kaudal Vena facialis. Die Vena facialis zieht gemeinsam, aber in einigem Abstand, mit der Arteria facialis über das Gesicht bis zum Unterrand der Mandibula nach kaudal. Hier trennen sich Vene und Arterie voneinander. Die Vena facialis verläuft oberflächlich über die Mandibula und die Glandula submandibularis, wendet sich nach dorsal und mündet in die Vena jugularis ein.

In ihrem gesamten Verlauf erhält die Vena facialis Zuflüsse aus Venen, die Blut von den Augenlidern, der Nase, den Lippen, der Wange und dem Kinn drainieren und die zahlreichen Äste der Arteria facialis begleiten.

Vena transversa faciei

Die Vena transversa faciei ist eine kleine Vene, die die Arteria transversa faciei auf ihrem Weg durch die seitliche Gesichtsregion begleitet (Abb. 8.61). Die Vena transversa faciei tritt am Vorderrand in die Glandula parotidea ein und mündet innerhalb des Drüsengewebes in die Vena temporalis superficialis.

Intrakranielle venöse Verbindungen

In ihrem Verlauf durch das Gesicht bildet die Vena facialis zahlreiche Verbindungen zu venösen Blutleitern, die mit tiefer gelegenen Bereichen des Kopfes in Verbindung stehen (Abb. 8.62):

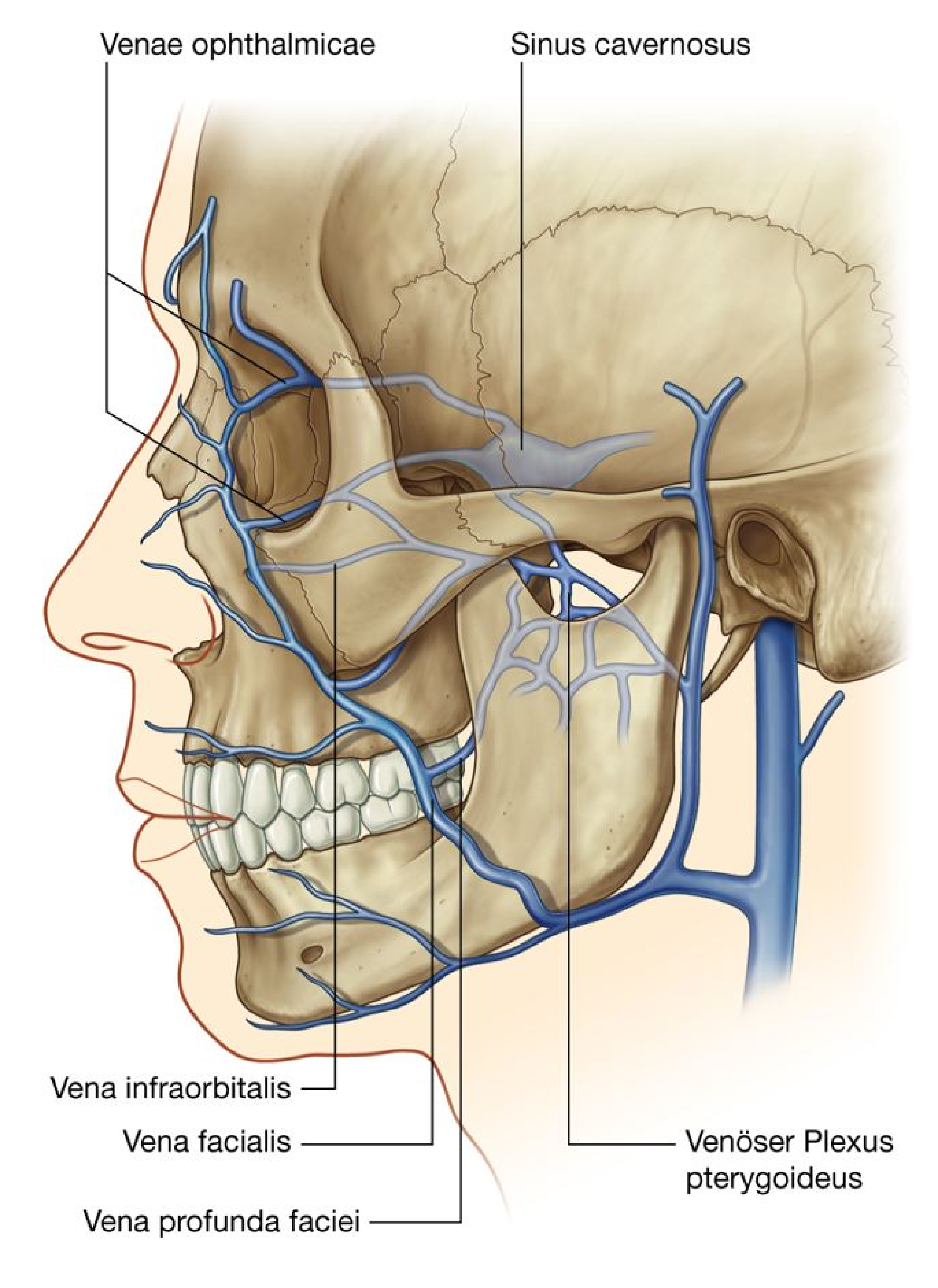
- Im Bereich des nasalen Lidwinkels steht die Vena facialis mit den Venae ophthalmicae in Verbindung.
- Im Wangenbereich kommuniziert die Vena facialis mit Venen, die sich zur Vena infraorbitalis verbinden und in das Foramen infraorbitale ziehen.
- Die Vena facialis kommuniziert mit Venen, die in tiefere Gesichtsregionen ziehen (die Vena profunda faciei führt zum venösen Plexus pterygoideus).

All diese venösen Blutleiter stehen über Venae emissariae mit dem intrakraniellen Sinus cavernosus in Verbindung. Sie verbinden somit intrakranielle und extrakraniellen Venen untereinander. Die Vena facialis besitzt wie alle anderen venösen Blutleiter des Kopfes keine Venenklappen; das Blut kann somit in beliebiger Richtung fließen. *Aufgrund der Verbindungen zwischen den Venen sollten Entzündungen im Gesicht, vor allem solche oberhalb des Mundes („Gefahrenzone“), mit großer Vorsicht behandelt werden, um die*

854

Ausbreitung von Infektionen in intrakranielle Richtung und insbesondere zum Sinus cavernosus zu verhindern. Eine aus dem Gesicht aufsteigende Infektion, z.B. nach „Ausdrücken eines Pickels“ im Bereich der Wange, kann zur Keimverschleppung via Venae facialis, angularis und ophthalmica superior in den Sinus cavernosus führen und eine lebensbedrohliche infektiöse Sinuscavernosus-Thrombose hervorrufen. Wird die Infektion rechtzeitig erkannt, kann eine Unterbindung der Vena angularis in Kombination mit hoch dosierter Antibiotikatherapie dem Patienten das Leben retten.

Abb. 8.62



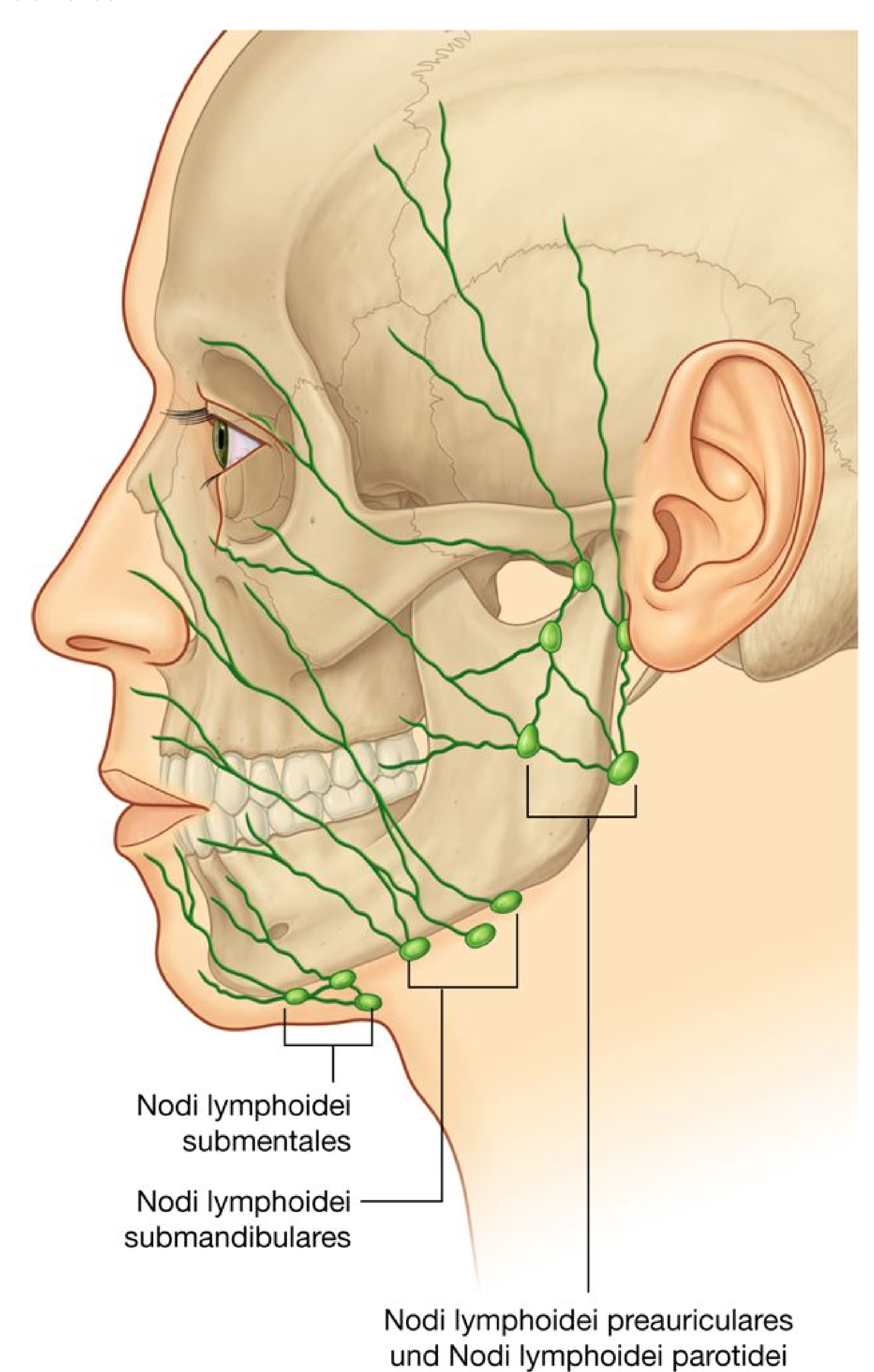
Intrakranielle venöse Verbindungen.

Lymphabfluss

Der Lymphabfluss des Gesichts erfolgt in erster Linie über drei Lymphknotengruppen (Abb. 8.63):

- Die **Nodi lymphoidei submentales** liegen kaudal hinter dem Kinn und drainieren beidseits Lymphe aus dem mittleren Teil von Unterlippe und Kinn.
- Die **Nodi lymphoidei submandibulares** liegen oberflächlich von der Glandula submandibularis und kaudal vom Corpus mandibulae. Sie nehmen Lymphgefäße auf, die mit den Verzweigungen der Arteria facialis verlaufen und Lymphe aus dem nasalen Lidwinkel, aus dem Großteil der Nase, aus dem medialen Wangenbereich, aus der Oberlippe und aus dem lateralen Teil der Unterlippe leiten.
- Die **Nodi lymphoidei preauriculares** und die Nodi lymphoidei parotidei liegen vor der Ohrmuschel und drainieren Lymphe aus dem größten Teil der Augenlider, aus einem Teil der Nase, aus dem lateralen Wangenbereich und aus der Glandula parotidea. In der Glandula parotidea können einzelne Nodi lymphoidei intraparotidei vorgeschaltet sein.

Abb. 8.63



Lymphabfluss des Gesichts.

Klinik

Fazialislähmung [VII] (Bell-Lähmung)

Die Komplexität des Nervus facialis [VII] wird durch verschiedene pathologische Prozesse und deren Lokalisationen verdeutlicht.

Der Nervus facialis [VII] hat seine Kerngebiete im Hirnstamm. Er tritt am Übergang vom Pons zur Medulla oblongata (Kleinhirnbrückenwinkel) aus dem Hirnstamm aus. Von hier aus zieht er gemeinsam mit dem Nervus vestibulocochlearis zum Meatus acusticus internus und setzt sich zunächst in einer Duratasche, später in einem eigenen knöchernen Kanal bis zum Ganglion geniculi (hier geht der Nervus petrosus major ab) fort. Anschließend biegt er nach kaudal um und verläuft in seinem knöchernen Kanal durch das Os temporale bis zum Foramen stylomastoideum. Hier verlässt er die Schädelbasis. Er wendet sich nach vorn, tritt in die Glandula parotidea ein und teilt sich nach Abgabe mehrerer Äste in seinem Verlauf in fünf terminale Astgruppen auf, die die mimische Muskulatur innervieren. In seinem Verlauf kann der Nerv eine Reihe von Schädigungen erfahren. Allerdings ist es mithilfe einer guten klinischen Untersuchung möglich, die exakte Lokalisation der Schädigung des Nervs zu bestimmen.

Zentrale Läsionen (supranukleäre Fazialisparese)

Eine primäre Läsion des Hirnstamms betrifft die sensiblen und motorischen Funktionen des Nervus facialis [VII] einschließlich seiner speziellen Komponenten. Die topische Gliederung des Gesichts ist kortikal repräsentiert. Nur der obere Gesichtsbereich (Stirn) wird von kortikal bilateral innerviert (Stirnrunzeln, Lidschluss bei supranukleärer Fazialisparese intakt). Bei einer supranukleären kortikalen Parese (sog. zentrale Fazialisparese) ist die Willkürmotorik der unteren Gesichtsmuskulatur aufgehoben. Da die Läsion oberhalb der Kreuzungsstelle der Nervenfasern liegt, weist der Patient als primäre Veränderung eine Lähmung im unteren Gesichtsbereich der kontralateralen Seite auf. Ob die speziellen Funktionen (Geschmack, Speichelsekretion) erhalten bleiben oder aber auch verloren gehen, hängt vom Ausmaß der Schädigung ab.

Läsionen im Bereich des Ganglion geniculi (infranukleäre Fazialisparese)

Typische Läsionen im Bereich des Ganglion geniculi sind durch den Verlust der gesamten motorischen Funktion der ipsilateralen Gesichtshälfte gekennzeichnet (sog. periphere Fazialisparese). Zusätzlich sind dabei eine Störung der Geschmacksempfindung auf den vorderen zwei Dritteln der Zunge sowie eine Störung der Tränen- und zum Teil der Speichelproduktion wahrscheinlich, da die Läsion proximal vom Abgang des Nervus petrosus major und der Chorda tympani liegt (z.B. bei einem Akustikusneurinom am Eintritt in den Meatus acusticus internus).

Läsionen im Bereich des Foramen stylomastoideum

Eine Läsion im Bereich des Foramen stylomastoideum ist die häufigste Schädigungslokalisation des Nervus facialis [VII] (ca. 80 % aller Fazialisparesen). Die

genaue Ursache ist unbekannt, daher spricht man von idiopathischer Fazialisparese (idiopathisch, um dem Patienten zu verschleiern, dass der Arzt auch nicht weiß, woher die Fazialisparese kommt). Da idiopathische Fazialisparesen meist in der Folge eines Infekts auftreten, geht man von einer viralen Entzündung des Nervs innerhalb des knöchernen Kanals vor seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum aus. Dies ist allerdings keineswegs gesichert. Im Verlauf kommt es typischerweise zum Verlust der motorischen Funktion der gesamten ipsilateralen Gesichtshälfte. Dadurch ist nicht nur das äußere Erscheinungsbild des Patienten auffällig („hängende amimische Gesichtshälfte“), sondern auch das Kauen von Speisen erschwert. Tränenproduktion und Geschmacksempfindung können unbeeinträchtigt bleiben, wenn die Läsion distal vom Abgang des Nervus petrosus major und der Chorda tympani liegt. Beide Abgänge liegen tief im Os temporale. Auch diese Form ist eine infranukleäre (periphere) Fazialisparese.

856

857

Klinik

Trigeminusneuralgie

Die Trigeminusneuralgie (Tic douloureux) ist eine komplexe Sensibilitätsstörung der sensiblen Wurzel des Nervus trigeminus. Es kommt zu einer ausgeprägten Schmerzsymptomatik. Typischerweise tritt der Schmerz plötzlich im Versorgungsbereich von Nervus mandibularis [V_3] und Nervus maxillaris [V_2] auf. Der Schmerz ist extrem stark und kann bereits durch Berührung entsprechender Hautareale im Gesicht ausgelöst werden.

Die Ätiologie der Trigeminusneuralgie ist unbekannt. Möglicherweise spielen Anomalien von Gefäßen, die den sensiblen Ästen von Nervus maxillaris [V_2] und Nervus mandibularis [V_3] anliegen, eine Rolle.

Bleiben die Symptome auch unter medizinischer Behandlung bestehen, so kann eine chirurgische Explorationsoperation (Freilegung der Nervenäste) des Nervus trigeminus [V] erforderlich werden, die mit ausgeprägten Risiken behaftet ist. Dabei ist das Ziel die Entfernung atypischer Gefäße.

KOPFSCHWARTE

Die Kopfschwarte ist der Teil des Kopfes, der vorn von den Arcus superciliares und hinten von der Protuberantia occipitalis externa und der Linea nuchalis superior begrenzt wird. Lateral erstreckt sich die Kopfschwarte bis zum Arcus zygomaticus.

Die Kopfschwarte ist eine mehrschichtige Struktur, deren Schichten aus ihrem englischen Namen abgeleitet werden können (Abb. 8.64):

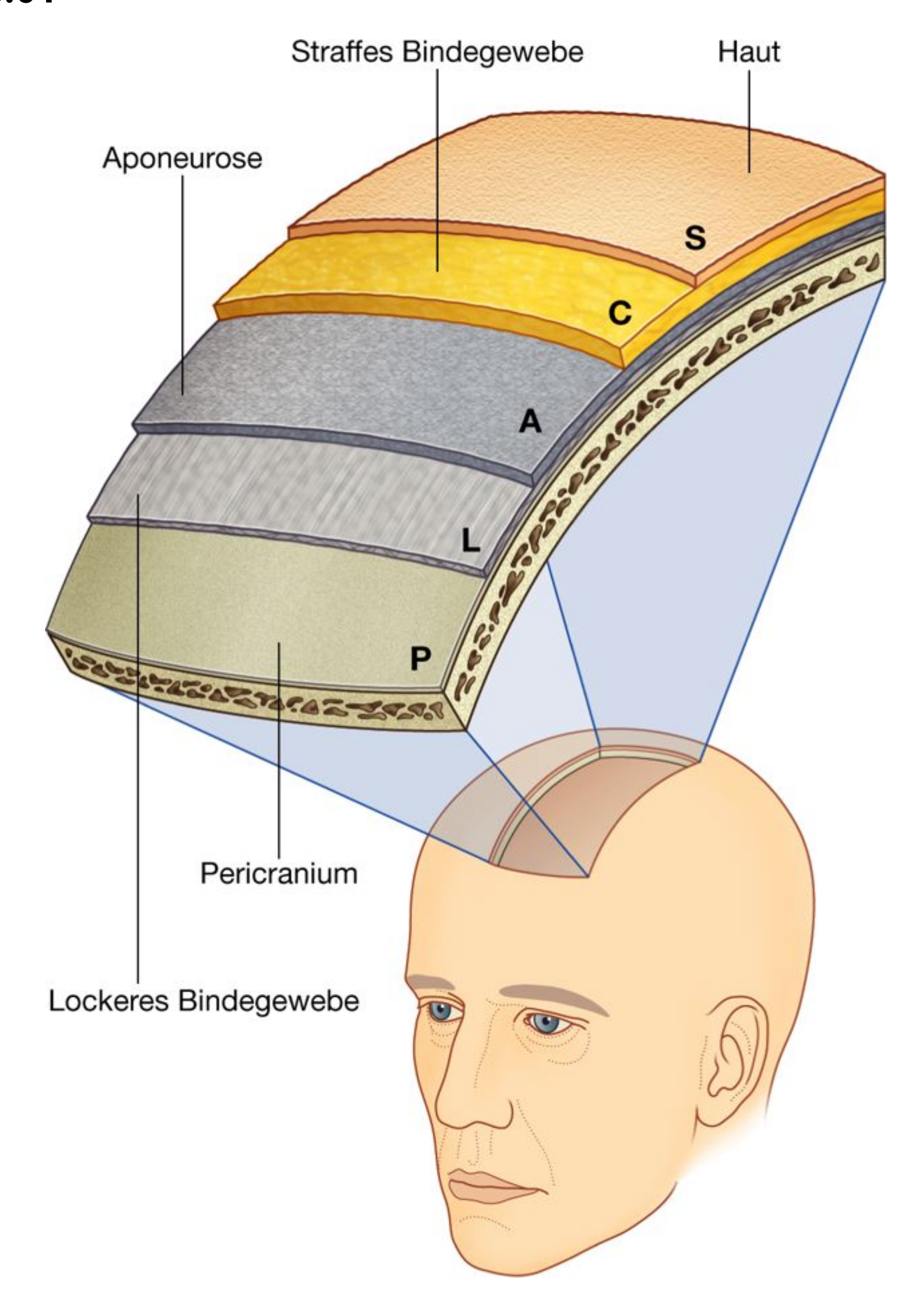
- S – Haut (skin)
- C – straffes Bindegewebe (connective tissue [dense])
- A – Aponeurose

- L – lockeres Bindegewebe
- P – Pericranium.

Schichten

Beim Betrachten der einzelnen Schichten der Kopfschwarte erkennt man, dass die drei obersten Schichten fest miteinander verbunden sind und somit eine Einheit bilden. *Diese Einheit wird manchmal als Kopfschwarte im engeren Sinne bezeichnet und ist das Gewebe, das bei schweren, „skalpierenden“ Verletzungen abgerissen wird.*

Abb. 8.64

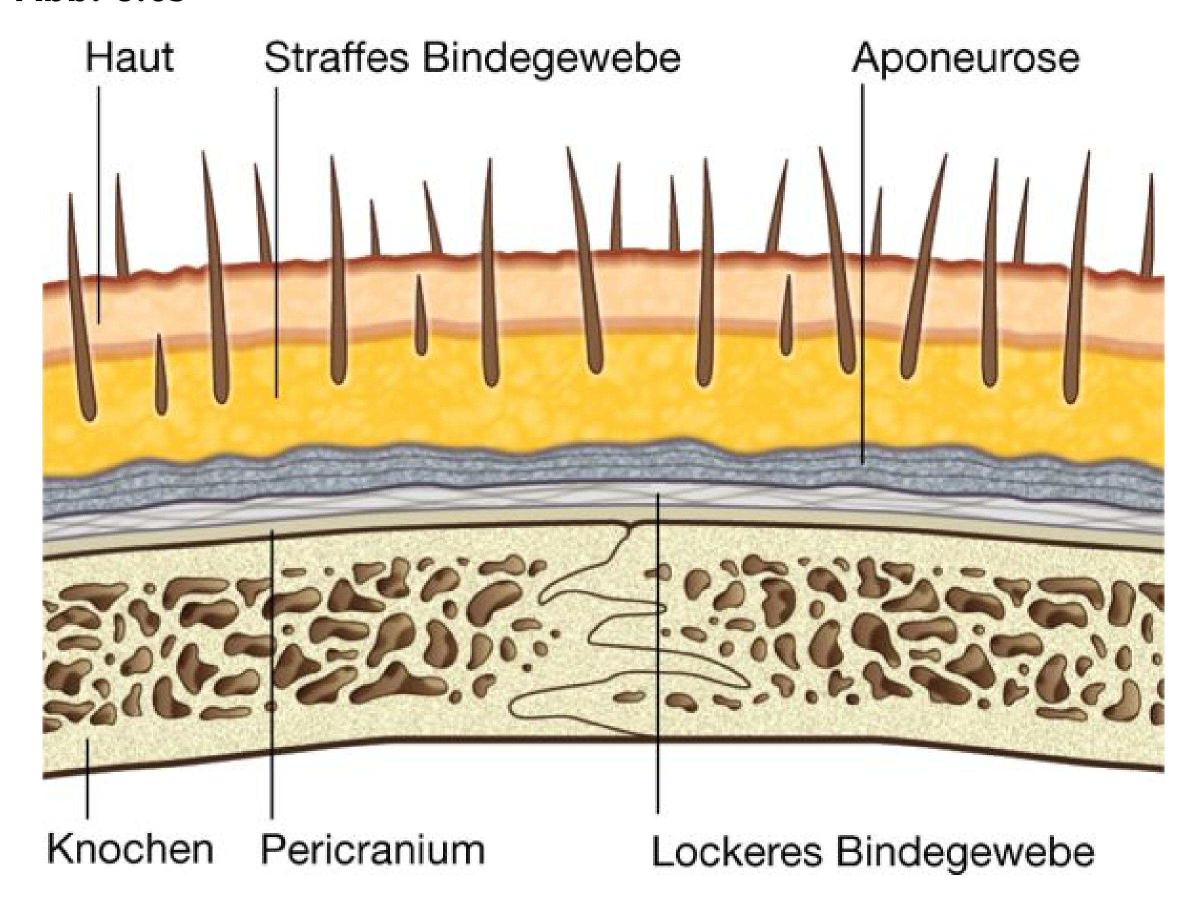


Kopfschwarte.

Haut

Die Haut ist die äußere Schicht der Kopfschwarte (Abb. 8.64 und 8.65). Ihre Struktur gleicht der Haut, die den restlichen Körper bedeckt, wobei sie normalerweise überwiegend Haare besitzt.

Abb. 8.65



Schichten der Kopfschwarte.

857
858

Straffes Bindegewebe

Unter der Haut befindet sich straffes Bindegewebe. Diese Schicht verankert die Haut an der darunterliegenden dritten Schicht. Sie enthält Arterien, Venen und Nerven zur Blutversorgung und Innervation der Kopfschwarte. *Wird die Kopfschwarte verletzt, werden die Gefäße oftmals durch das sie umgebende straffe Bindegewebe offen gehalten. Dadurch entstehen starke Blutungen.*

Aponeurose

Die unterste der drei oberen Schichten ist eine Aponeurose (dünne breitflächige Sehnenplatte), die als **Aponeurosis epicranialis** oder **Galea aponeurotica** bezeichnet wird. Sie ist über das straffe Bindegewebe der zweiten Schicht fest mit der Haut verbunden. Im rostralen Abschnitt geht sie in den Venter frontalis des Musculus occipitofrontalis und im

dorsalen Abschnitt in den Venter occipitalis des Musculus occipitofrontalis über und verbindet somit die beiden Muskelbäuche (Abb. 8.66).

Abb. 8.66

Musculus occipitofrontalis. **A**. Venter frontalis. **B**. Venter occipitalis.

Der Venter frontalis des Musculus occipitofrontalis entspringt an der Haut der Augenbrauen. Er verläuft über die Stirn nach kranial und strahlt in die Aponeurose ein.

Dorsal besitzt jeder Venter posterior jeweils einen Ursprung an der Linea nuchalis superior des Os occipitale und am Processus mastoideus des Os temporale. Er zieht ebenfalls nach kranial und strahlt in die Aponeurose ein.

Der Musculus occipitofrontalis kann die Kopfschwarte bewegen, legt die Stirn in Falten und hebt die Augenbrauen. Der Venter frontalis wird durch Rami temporales aus dem Nervus facialis [VII] innerviert; der Venter posterior wird durch den Ramus auricularis posterior innerviert.

Lockeres Bindegewebe

Eine Lage aus lockerem Bindegewebe trennt die Aponeurose vom darunterliegenden Pericranium (Periost) und ermöglicht die unabhängige Bewegung der Kopfschwarte über die Calvaria (Abb. 8.64 und 8.65). *Aufgrund der lockeren Anordnung des Bindegewebes können sich Entzündungen hier leicht ausbreiten.*

Pericranium

Das Pericranium ist die unterste Schicht der Kopfschwarte und entspricht dem Periost der äußeren Oberfläche des Schädeldachs. Es ist am Knochen der Calvaria befestigt, kann allerdings mit Ausnahme des Bereichs der Schädelnähte leicht abgelöst werden.

Innervation

Die sensible Innervation der Kopfschwarte kommt aus zwei großen Quellen – Hirnnerven und Zervikalnerven –, abhängig davon, ob das zu innervierende Gebiet vor oder hinter Ohrmuschel und Scheitel des Kopfes liegt (Abb. 8.67). Der Musculus occipitofrontalis wird durch Äste des Nervus facialis [VII] innerviert.

Rostral von Ohrmuschel und Scheitel

Der Bereich der Kopfschwarte, der vor der Ohrmuschel und dem Scheitel des Kopfes liegt, wird durch Äste des Nervus trigeminus [V] innerviert (Abb. 8.67). Dies sind die Nervi supratrochlearis, supraorbitalis, zygomaticotemporalis und auriculotemporalis.

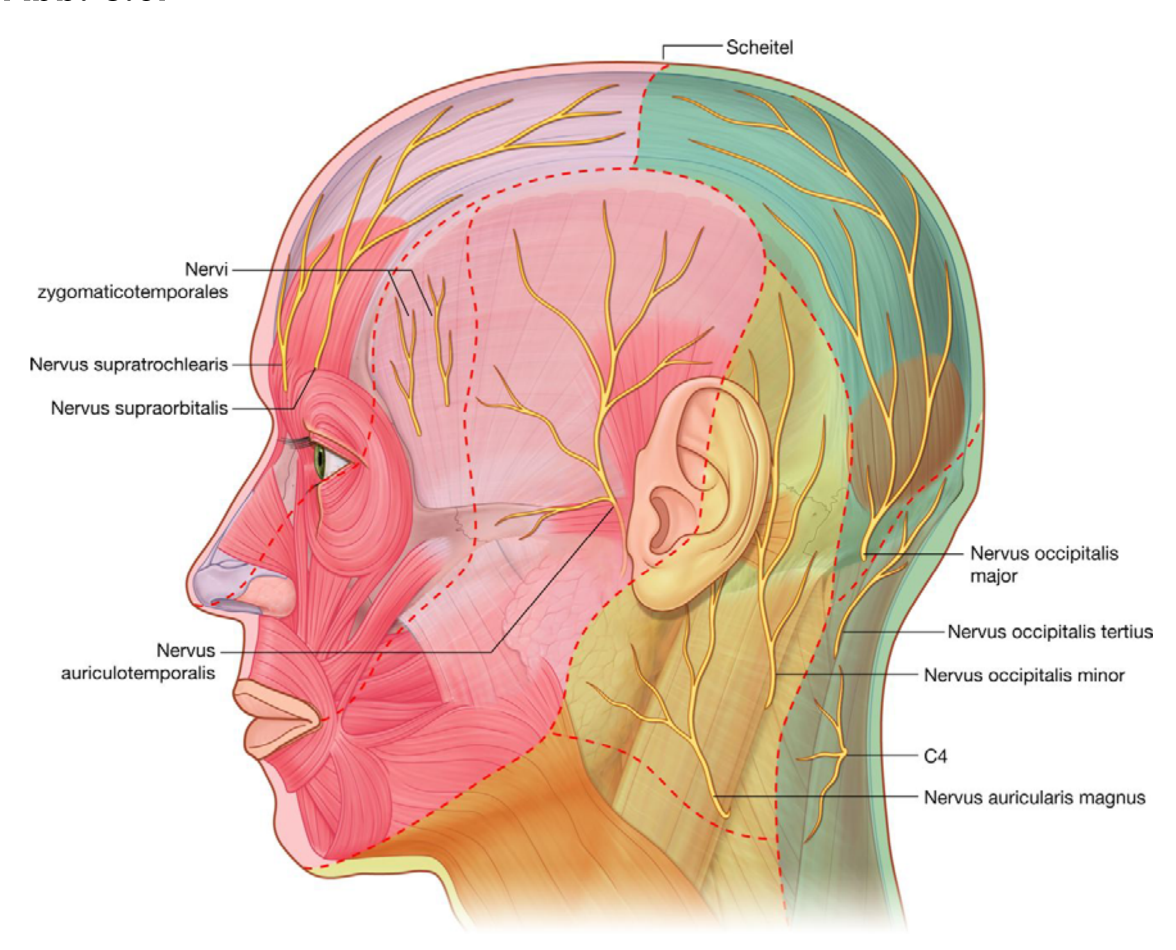
- Der **Nervus supratrochlearis** verlässt die Orbita, durchbricht den Musculus frontalis, verläuft weiter kranialwärts über den vorderen Teil der Stirn und nimmt sensible Informationen im Bereich der Mittellinie auf.

858
859

- Der **Nervus supraorbitalis** verlässt die Orbita durch die Incisura supraorbitalis oder durch das Foramen supraorbitale, durchbohrt den Musculus frontalis, verläuft weiter nach kranial über die Kopfschwarte zu den Ohren und nimmt sensible Informationen aus der Kopfschwarte bis zum Scheitel des Kopfes auf.

- Der **Nervus zygomaticotemporalis** verlässt den Schädel durch das Foramen zygomaticum (im Os zygomaticum) und innerviert die Kopfschwarte im vorderen Bereich der Schläfe sensibel.
- Der **Nervus auriculotemporalis** verlässt den Schädel in der Tiefe unter der Glandula parotidea, tritt unmittelbar vor der Ohrmuschel in die Haut ein und setzt seinen Weg kranialwärts vor der Ohrmuschel fort, bis er den Scheitel des Kopfes erreicht. Hier nimmt er sensible Informationen aus der Kopfschwarte der Schläfenregion und der Haut vor der Ohrmuschel bis zum Scheitel auf.

Abb. 8.67



Innervation der Kopfschwarte.

Dorsal von Ohrmuschel und Scheitel

Dorsal von Ohrmuschel und Scheitel erfolgt die sensible Innervation der Kopfschwarte durch Äste der Nervi cervicales C2 und C3 (Abb. 8.67) – die Nervi auricularis magnus, occipitalis minor, occipitalis major und occipitalis tertius.

- Der **Nervus auricularis magnus** ist ein Ast des Plexus cervicalis und wird von den Rami anteriores der Spinalnerven C2 und C3 gebildet. Er tritt am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus aus dem Punctum nervosum, steigt nach kranial auf

und überquert dabei den Musculus sternocleidomastoideus. Unterhalb der Ohrmuschel verzeigt er sich in kleine Endäste, die vor und hinter den kaudalen Bereich der Ohrmuschel treten und hier die Haut und die Kopfschwarte innervieren.

- Der **Nervus occipitalis minor** ist ebenfalls ein Ast des Plexus cervicalis, der aus dem Ramus anterior des Spinalnervs von C2 hervorgeht. Er kommt ebenfalls aus dem Punctum nervosum und zieht entlang dem Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus nach kranial. Er leitet sensible Informationen aus der Kopfschwarte hinter der Ohrmuschel.
- Der **Nervus occipitalis major** ist ein Ast des Ramus posterior des Spinalnervs C2, der unmittelbar unterhalb des Musculus obliquus capitis inferior hervortritt, danach oberflächlich vom Vertebralisdreieick (Trigonum vertebrale) aufsteigt, den Musculus semispinalis capitis sowie den Musculus trapezius durchbricht und sich dann in seine Endäste aufzweigt, um den größten Teil der Kopfschwarte bis zum Vertex (Scheitel) sensibel zu innervieren.
- Der **Nervus occipitalis tertius** ist ein Ast des Ramus posterior des Spinalnervs C3, der den Musculus semispinalis capitis sowie den Musculus trapezius durchbricht und ein kleines Gebiet im unteren hinteren Bereich der Kopfschwarte sensibel innerviert.

859
860

Gefäße

Arterien

Die Arterien zur Versorgung der Kopfschwarte (Abb. 8.68) sind entweder Äste der Arteria carotis externa oder der Arteria ophthalmica, die wiederum ein Ast der Arteria carotis interna ist.

Äste der Arteria ophthalmica

Arteria supratrochlearis und Arteria supraorbitalis versorgen die vorderen und oberen Abschnitte der Kopfschwarte im Stirnbereich. Sie zweigen in der Orbita von der Arteria ophthalmica ab, ziehen durch die Orbita nach rostral und verlassen sie zusammen mit dem Nervus supratrochlearis und dem Nervus supraorbitalis. Gemeinsam mit den Nerven verlaufen die Arterien nach dem Austritt aus der Orbita kranialwärts über die Stirn, um die Kopfschwarte bis etwa zum Scheitel des Kopfes mit Blut zu versorgen.

Klinik

Skalpierungsverletzung

Die Kopfschwarte besitzt eine besonders intensive Blutversorgung aus der Arteria carotis externa. Daher bluten Risswunden der Kopfschwarte oft sehr stark. Entscheidend ist, dass die Blutungen der Kopfschwarte vor allem arteriell sind. Dafür gibt es zwei Gründe. Erstens ist der venöse Druck im Kopfbereich im Stehen sehr gering. Zweitens verengen sich die rupturierten arteriellen Gefäße – anders als in anderen Körperregionen

– kaum, da die Gefäßwände mit dem umgebenden Bindegewebe, in das sie eingelagert sind, fest verwachsen sind. Eine Gefäßkonstriktion wird hierdurch verhindert.

Äste der Arteria carotis externa

Drei Äste der Arteria carotis externa versorgen den Großteil der Kopfschwarte – die Arteriae temporalis superficialis, auricularis posterior und occipitalis. Sie versorgen die lateralen und hinteren Abschnitte der Kopfschwarte (Abb. 8.68):

- Der kleinste Ast, die **Arteria auricularis posterior**, geht im Bereich der Fossa retromandibularis dorsal aus der Arteria carotis externa ab, verläuft in der Tiefe dorsalwärts und gelangt dann hinter und kaudal der Ohrmuschel an die Oberfläche, um hier ein Gebiet der Kopfschwarte zu versorgen.
- Etwas kaudal von der Arteria auricularis posterior geht dorsal die **Arteria occipitalis** aus der Arteria carotis externa ab. Sie zieht nach dorsal und steigt dabei schräg durch verschiedene Nackenmuskeln nach oben auf, bis sie an die Oberfläche gelangt, um einen großen Teil des hinteren Abschnitts der Kopfschwarte zu versorgen.
- Der dritte arterielle Ast zur Versorgung der Kopfschwarte ist die **Arteria temporalis superficialis**, ein Endast der Arteria carotis externa, der unmittelbar vor der Ohrmuschel kranialwärts verläuft, sich dann in vordere und hintere Äste aufzweigt und fast den gesamten lateralen Anteil der Kopfschwarte mit Blut versorgt.

Venen

Die Venen, die das Blut der Kopfschwarte drainieren, besitzen einen ähnlichen Verlauf wie die Arterien:

- **Vena supratrochlearis** und **Vena supraorbitalis** sammeln das Blut aus dem vorderen Bereich der Kopfschwarte vom Arcus superciliaris bis zum Scheitel des Kopfs (Abb. 8.68). Sie ziehen nach kaudal zu den Arcus superciliares, kommunizieren mit den Venae ophthalmicae aus der Orbita und setzen sich nach kaudal fort. Hier sind sie an der Bildung der Vena angularis beteiligt, die den oberen Zufluss zur Vena facialis darstellt.

860

861

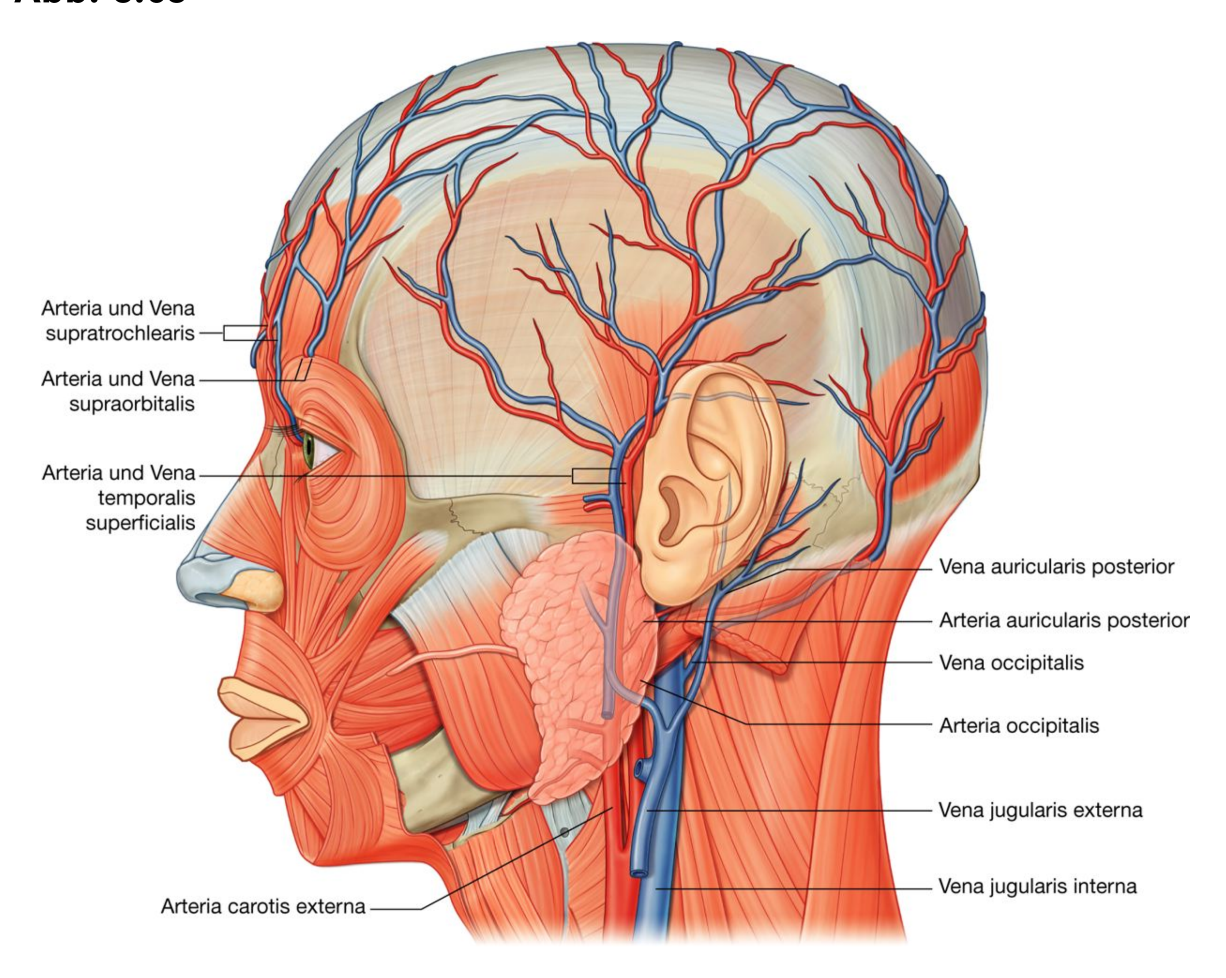
- Die **Vena temporalis superficialis** sammelt das Blut des gesamten lateralen Bereichs der Kopfschwarte, bevor sie nach kaudal zieht und sich an der Bildung der Vena retromandibularis beteiligt.
- Die **Vena auricularis posterior** sammelt das Blut aus dem Gebiet hinter der Ohrmuschel und mündet in einen Zufluss zur Vena retromandibularis.
- Die **Vena occipitalis** sammelt das Blut des hinteren Abschnitts der Kopfschwarte zwischen Protuberantia occipitalis externa und Linea nuchalis superior bis zum Scheitel des Kopfes. In der Tiefe durchbricht die Vene die Nackenmuskulatur und gelangt in den dorsalen Abschnitt des Halses. Hier beteiligt sie sich an der Bildung des venösen Plexus im Trigonum vertebrale.

Lymphabfluss

Der Lymphabfluss aus der Kopfschwarte folgt im Allgemeinen dem Verlauf der Arterien.

Die Lymphgefäße der Regio occipitalis führen zu den Nodi lymphoidei occipitales, die im Ansatzbereich des Musculus trapezius an der Schädelbasis liegen (Abb. 8.69). Im weiteren Verlauf der Abflussbahn gelangt die Lymphe aus den Nodi lymphoidei occipitales zu den oberen Nodi lymphoidei cervicales profundi. Es gibt zudem direkte Verbindungen der Kopfschwarte zu den Nodi lymphoidei cervicales profundi.

Abb. 8.68



Gefäßversorgung der Kopfschwarte.

Die Lymphe aus dem oberen Bereich der Kopfschwarte fließt in zwei Richtungen ab:

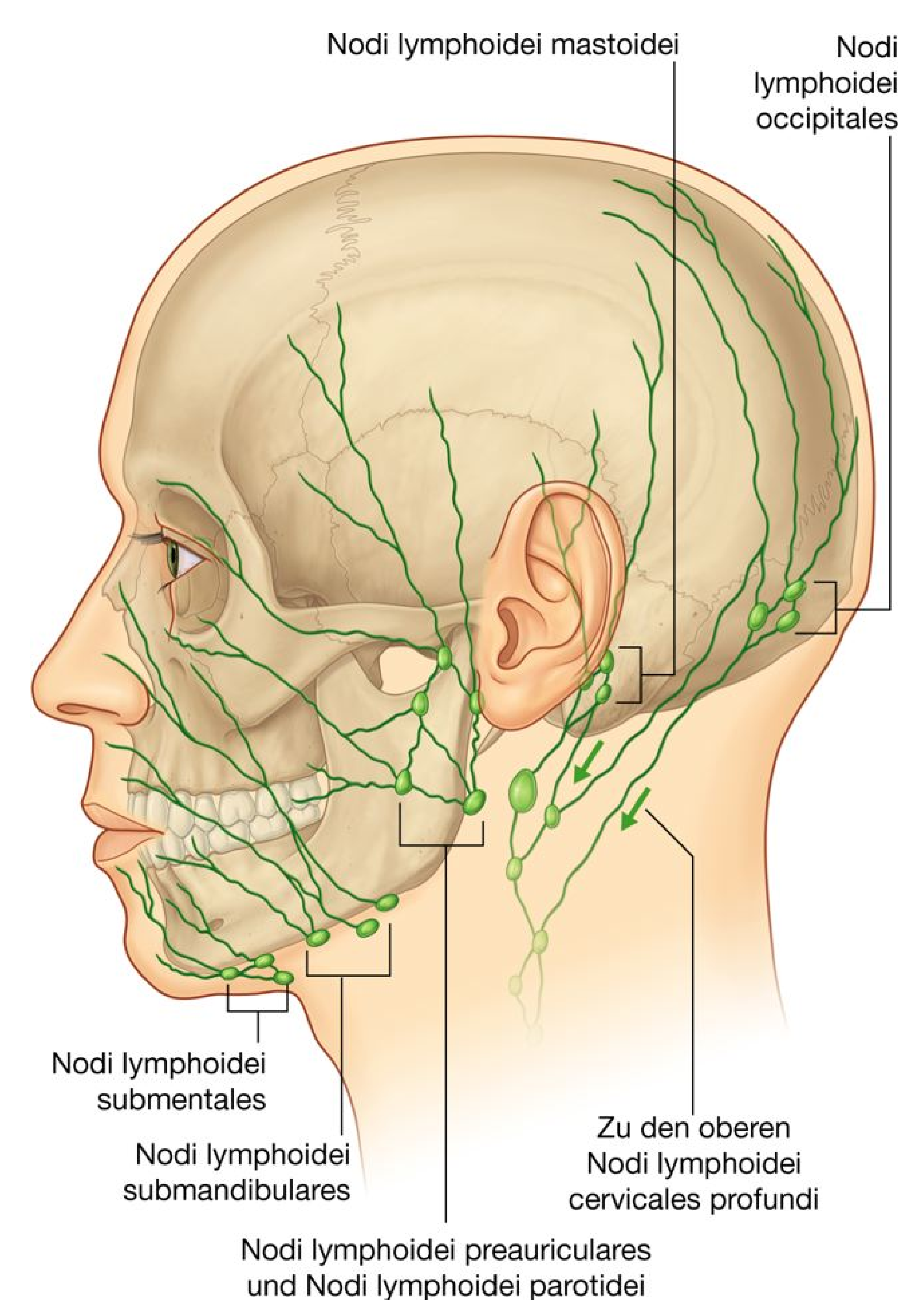
- Hinter dem Scheitel fließt sie in **Nodi lymphoidei mastoidei** (Nodi lymphoidei retroauriculares/Nodi lymphoidei auriculares posteriores), die hinter der Ohrmuschel in der Nähe des Processus mastoideus des Os temporale liegen und deren Vasa efferentia zu den oberen Nodi lymphoidei cervicales profundi führen.

- Vor dem Scheitel fließt die Lymphe zu den vor der Ohrmuschel auf der Oberfläche der Glandula parotidea liegenden **Nodi lymphoidei preauriculares** sowie zu in der Glandula parotidea liegenden **Nodi lymphoidei parotidei**.
- Schließlich gibt es noch einige Lymphabflusswege von der Stirn zu den **Nodi lymphoidei submandibulares** über Vasa efferentia, die die Arteria facialis begleiten.

861

862

Abb. 8.69



Lymphabfluss der Kopfschwarte.

ORBITA

Die paarige Orbita liegt jeweils in der oberen Gesichtshälfte. Sie befindet sich unterhalb der vorderen Schädelgrube sowie vor der mittleren Schädelgrube. Die Orbita enthält den Bulbus oculi, den Nervus opticus, die äußeren Augenmuskeln, den Tränenapparat, Fettgewebe, Faszien sowie Nerven und Gefäße zur Versorgung dieser Strukturen.

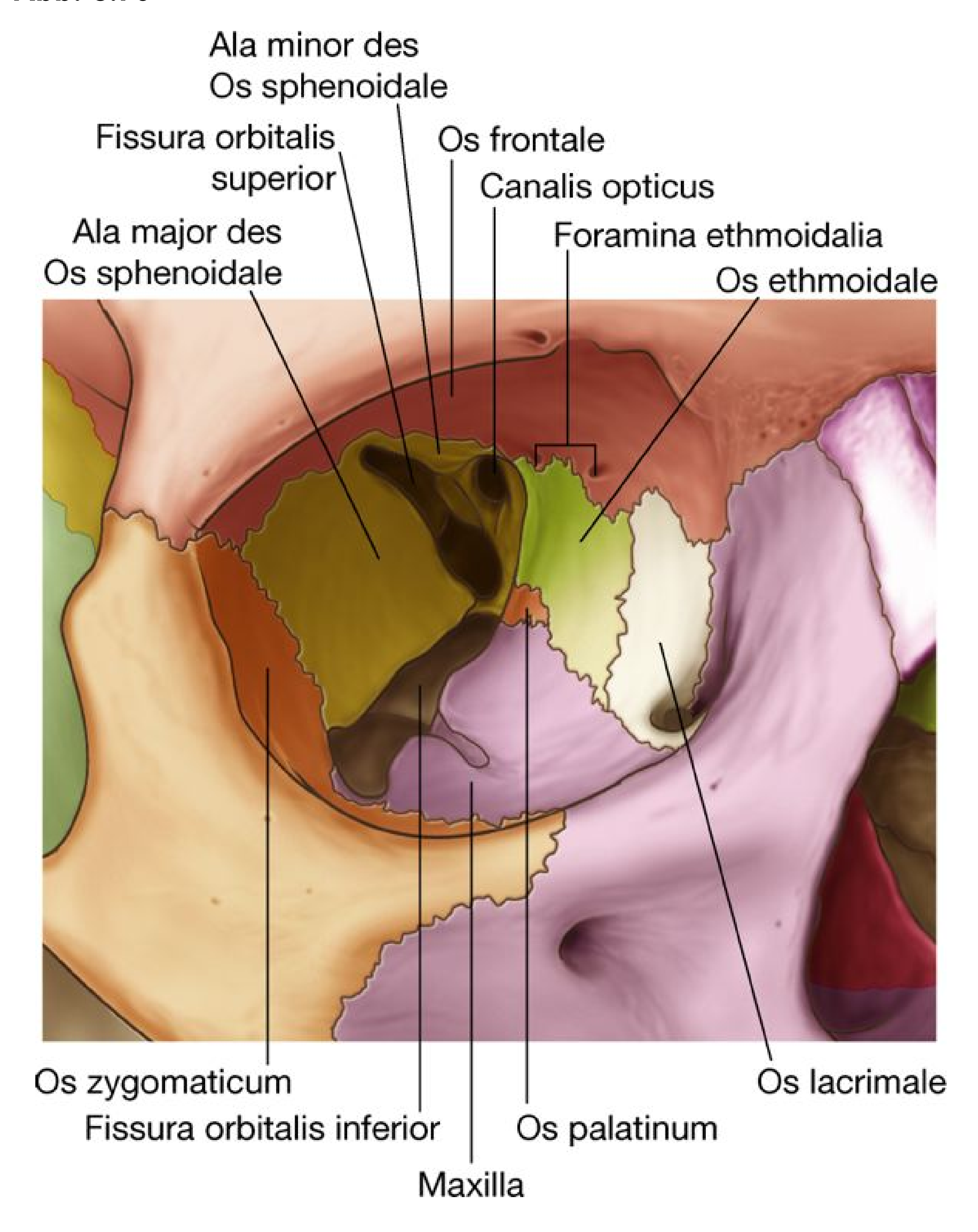
Knöcherne Orbita

Am Aufbau der Orbita sind sieben Knochen beteiligt (Abb. 8.70). Neben der Maxilla sind dies die Ossa zygomaticum, frontale, ethmoidale, lacrimale, sphenoidale und palatinum. Gemeinsam geben sie der knöchernen Orbita die Form einer Pyramide, deren breite Basis nach vorn in das Gesicht und deren Spitze in posteromediale Richtung zum Hinterhaupt gerichtet sind. Die Seiten der Pyramide werden von einer medialen, lateralen, oberen und unteren Orbitawand gebildet.

Die Spitze der pyramidenförmigen knöchernen Orbita liegt im Foramen opticum des Canalis opticus; die Basis ist offen und wird von einem knöchernen Rahmen umgeben, der folgendermaßen gebildet wird:

- oben durch das Os frontale
- medial durch den Processus frontalis maxillae
- unten durch den Processus zygomaticus maxillae und das Os zygomaticum
- lateral durch das Os zygomaticum, den Processus frontalis des Os zygomaticum und den Processus zygomaticus des Os frontale.

Abb. 8.70



Knochen der Orbita.

Dach

Das **Dach (obere Wand)** der knöchernen Orbita besteht aus der Pars orbitalis des Os frontale und einem kleinen Teil des Os sphenoidale (Abb. 8.70). Die dünne Knochenplatte trennt den Orbitainhalt vom Gehirn in der vorderen Schädelgrube.

Besondere Strukturen der oberen Wand sind:

- anteromedial eine Vorwölbung eines Teils des Sinus frontalis sowie die Fovea trochlearis, an der eine bindegewebige Schlaufe befestigt ist, durch die der Musculus obliquus superior hindurchzieht und hier in seinem Verlauf umgelenkt wird
- anterolateral eine Grube (Fossa lacrimalis) für die Pars orbitalis der Tränendrüse.

Dorsal schließt die Ala minor ossis sphenoidalis das Dach ab.

862
863

Mediale Wand

Die **medialen Wände** der paarigen Orbitae verlaufen parallel und werden von vier Knochen gebildet – der Maxilla sowie den Ossa lacrimale, ethmoidale und sphenoidale (Abb. 8.70).

Den größten Anteil der medialen Wand bildet die Lamina orbitalis des Os ethmoidale. Letztere beherbergt eine Gruppe kleiner Nasennebenhöhlen, die Cellulae ethmoidales anteriores, die am mazerierten Schädel gut sichtbar sind und durch die mediale Wand hindurchschimmern, da die Knochenlamellen hier sehr dünn sind. Man spricht daher auch von Lamina papyracea (papierdünn), wenn die Lamina orbitalis des Os ethmoidale gemeint ist.

Ebenfalls erkennbar sind die **Foramina ethmoidalia anterius** und **posterius**, die normalerweise mit der Sutura frontoethmoidalis assoziiert sind und am Übergang vom Dach zur medialen Orbitawand liegen. Durch die Öffnungen verlassen der Nervus ethmoidalis anterior und der Nervus ethmoidalis posterior sowie die gleichnamigen Gefäße die Orbita.

Vor dem Os ethmoidale befindet sich das kleine Os lacrimale. Der vordere Abschnitt der medialen Wand wird durch den Processus frontalis der Maxilla abgeschlossen. Die beiden Knochen sind am Aufbau der **Fovea sacci lacrimalis** beteiligt, in der der Tränensack sitzt. Die Fovea wird von der **Crista lacrimalis posterior** (Teil des Os lacrimale) und der **Crista lacrimalis anterior** (Teil der Maxilla) begrenzt.

Der dorsale Anteil der medialen Orbitawand, der sich an das Os ethmoidale anschließt, wird von einem kleinen Anteil des Os sphenoidale gebildet. Dieser Anteil bildet gleichzeitig einen Teil der medialen Wand des Canalis opticus.

Boden

Der **Boden (untere Wand)** der knöchernen Orbita ist zugleich das Dach des Sinus maxillaris. Er besteht vor allem aus der Facies orbitalis der Maxilla (Abb. 8.70) sowie kleinen Abschnitten des Os zygomaticum und des Os palatinum.

Die Fissura orbitalis inferior liegt dorsal und verläuft entlang dem lateralen Rand des knöchernen Orbitabodens. Am vorderen Ende der Fissur verschließen Os zygomaticum und Maxilla den Boden der knöchernen Orbita.

Der Processus orbitalis des Os palatinum beteiligt sich mit einem kleinen Abschnitt am Boden der knöchernen Orbita im Bereich der Grenze zwischen Maxilla, Os ethmoidale und Os sphenoidale.

Laterale Wand

Die **laterale Wand** der knöchernen Orbita besteht aus Anteilen zweier Knochen – vorn des Os zygomaticum, hinten der Ala major ossis sphenoidalis (Abb. 8.70).

Einteilung der Orbita

Die Behandlung orbitaler Erkrankungen, insbesondere von Tumoren, bleibt nicht allein dem Augenarzt vorbehalten, sondern erfordert oftmals ein multidisziplinäres Vorgehen, an dem der Hals-Nasen-Ohren-Arzt, der Neurochirurg, der Mund-Kiefer-Gesichtschirurg, der Radiologe und eine ganze Reihe weiterer Disziplinen beteiligt sein können. Die Orbita wird daher nach chirurgischen Gesichtspunkten gegliedert in

- einen bulbären und einen retrobulbären Abschnitt
- einen zentralen (intrakonalen – kegelförmiger von den Augenmuskeln begrenzter) Teil und einen peripheren (extrakonalen) Teil
- verschiedene Etagen (obere, mittlere, untere).

Etagen der Orbita

Die Orbita wird unter klinischchirurgischen Gesichtspunkten in drei Etagen unterteilt:

- obere Etage zwischen Orbitadach sowie Musculi levator palpebrae superioris und rectus superior. Inhalt: Nervi frontalis, trochlearis, lacrimalis; Arteriae supraorbitalis, supratrochlearis, lacrimalis; Venae lacrimalis und ophthalmica superior
- mittlere Etage zwischen den geraden Augenmuskeln (intrakonaler Teil). Inhalt: Nervi oculomotorius, nasociliaris, abducens, zygomaticus; Ganglion ciliare; Arteriae ophthalmica, ciliares posteriores breves und longae; Vena ophthalmica
- untere Etage zwischen den Musculi rectus inferior und obliquus inferior sowie dem Orbitaboden. Inhalt: Nervus infraorbitalis; Arteria infraorbitalis; Vena ophthalmica inferior.

Augenlider

Oberes und unteres Augenlid schützen im geschlossenen Zustand die Oberfläche des Augapfels von vorn.

Der Spalt zwischen den geöffneten Augenlidern wird als **Fissura palpebralis** bezeichnet.

Die Augenlider bestehen von außen nach innen aus folgenden Schichten: Haut, Subcutis, Skelettmuskulatur, Septum orbitale, Tarsus, Konjunktiva (Abb. 8.71).

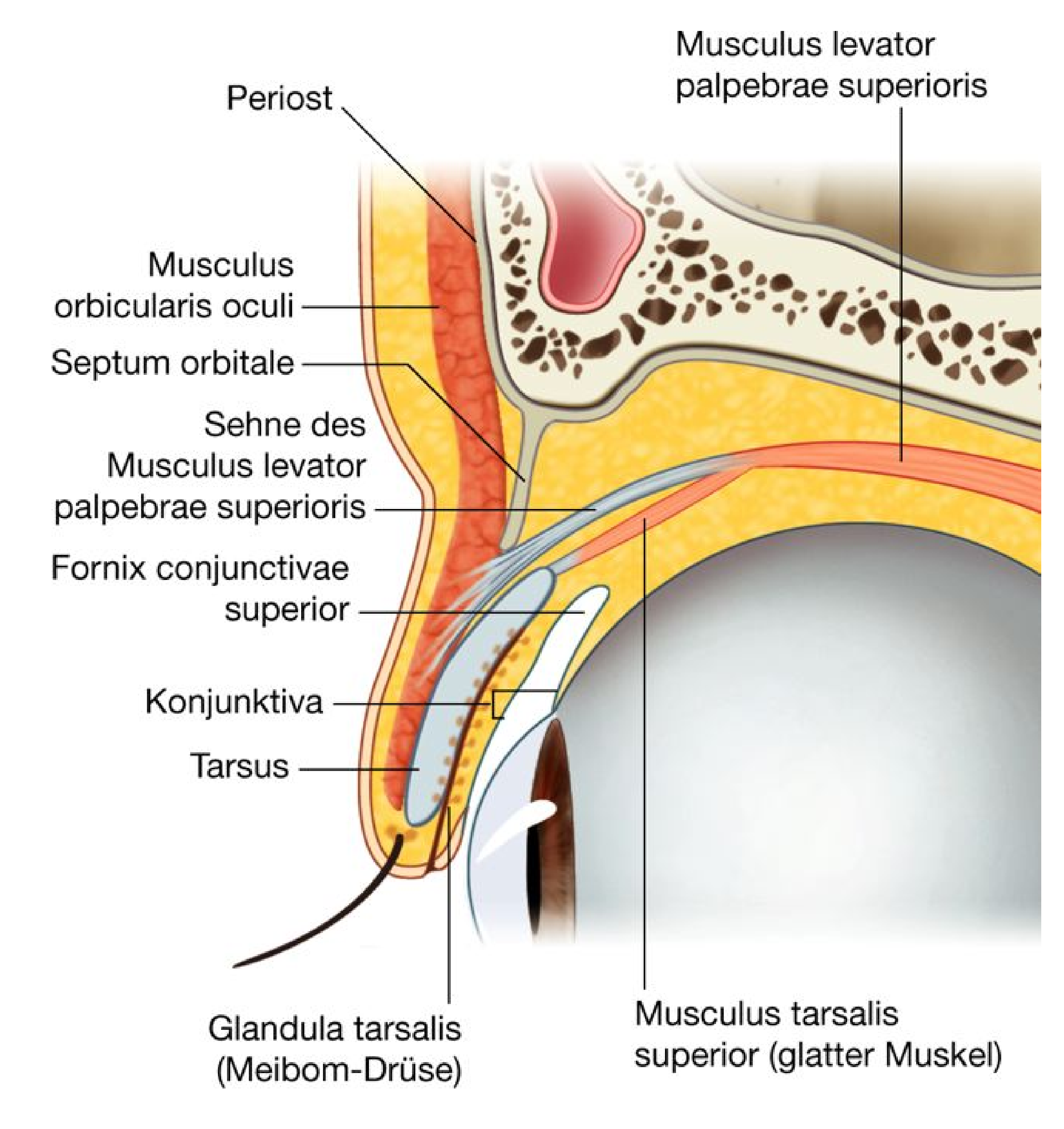
Oberes und unteres Augenlid gleichen sich im Aufbau, mit Ausnahme von zwei Muskeln, die nur im Oberlid vorkommen.

Haut und Subcutis

Die Haut der Augenlider ist relativ zart und wird nur durch eine dünne Schicht aus Bindegewebe von der darunterliegenden Skelettmuskulatur getrennt (Abb. 8.71). *Die dünne Bindegewebsschicht und deren lockerer Aufbau sind Ursache für die Ansammlung von Flüssigkeit (z.B. Blut), die hier bei einer Verletzung eingelagert wird und die Augenlider dramatisch anschwellen lässt.*

863
864

Abb. 8.71

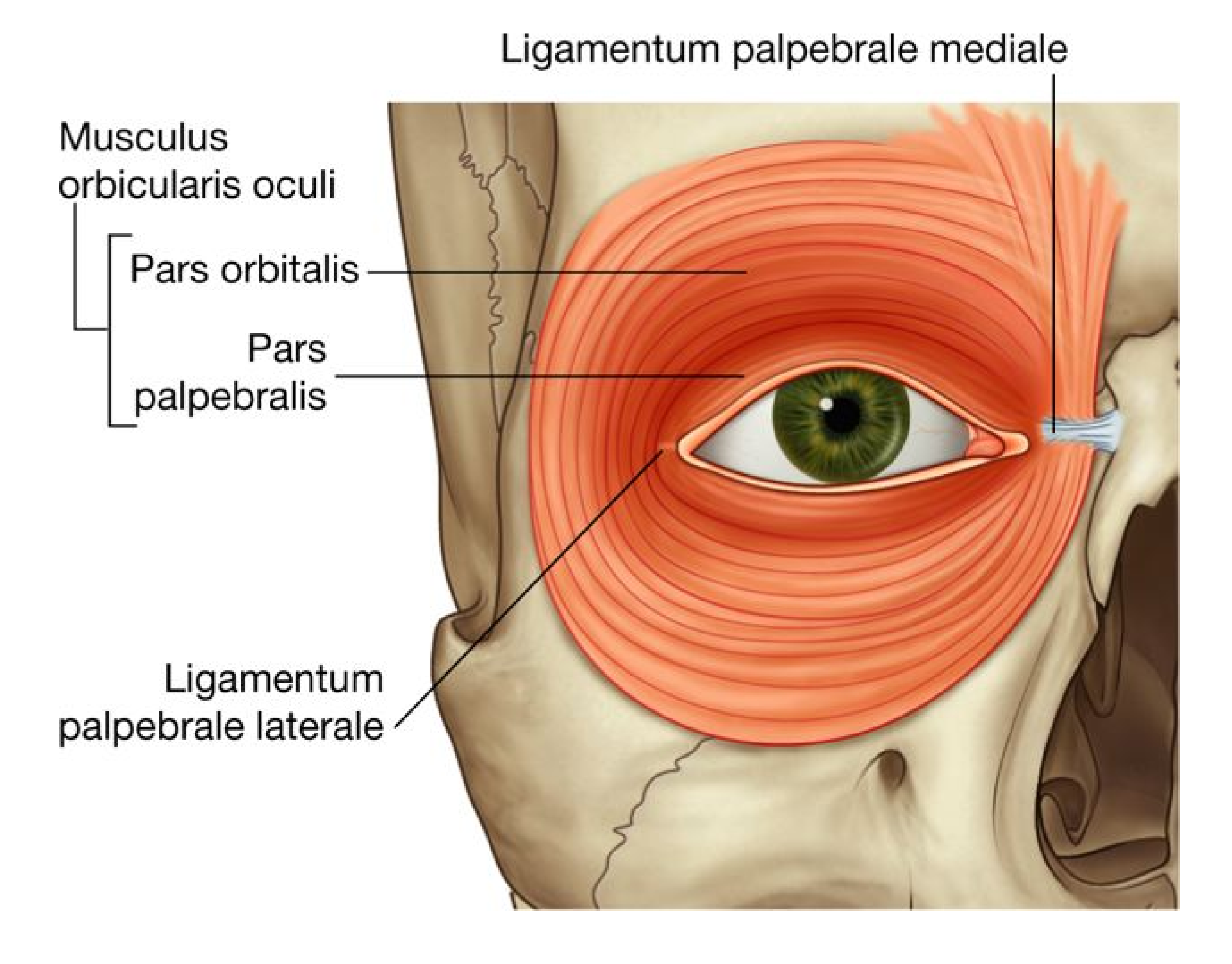


Augenlid.

Musculus orbicularis oculi

Die Muskelschicht, auf die man im Augenlid, von außen kommend, als Erstes trifft, ist die **Pars palpebralis** des **Musculus orbicularis oculi** (Abb. 8.71). (Die Pars palpebralis wird von Augenärzten weiter in eine mehr vom Lidrand entfernte Pars septalis und eine näher zum Lidrand gerichtete Pars tarsalis unterteilt. Die Muskelzellen direkt am Lidrand sind die Fasciculi ciliares der Pars palpebralis = Riolan-Muskel.) Die Pars palpebralis ist Teil des Musculus orbicularis oculi, der aus drei Abschnitten besteht – einer **Pars orbitalis**, die die Orbita zirkulär umkreist, der Pars palpebralis, die in den Augenlidern liegt, und einer Pars lacrimalis, die eine muskuläre Verbindung zwischen nasalem Lidspalt und dem Septum lacrimale an der lateralen Seite des Tränensacks herstellt und mit den Tränenkanälchen assoziiert ist (Abb. 8.72). Der Musculus orbicularis oculi wird vom Nervus facialis [VII] innerviert. Er schließt die Augenlider und sorgt für den Tränenabfluss in die ableitenden Tränenwege.

Abb. 8.72



Musculus orbicularis oculi.

Die Pars palpebralis ist zart und medial über das **Ligamentum palpebrale mediale** an der Crista lacrimalis anterior verankert. Lateral verschmelzen ihre Fasern mit der Pars palpebralis des unteren Augenlids am **Ligamentum palpebrale laterale**.

Septum orbitale

Unter der Pars palpebralis des Musculus orbicularis oculi liegt ein Ausläufer des Periosts in das obere und untere Augenlid, der vom Rand der Orbita ausgeht (Abb. 8.71). Es handelt sich dabei um das **Septum orbitale**, das von oben in das Oberlid und von unten in das Unterlid einstrahlt. Das Septum orbitale steht mit dem Periost außerhalb der Orbita sowie mit der Periorbita (besondere Bezeichnung für das Periost in der Orbita) in Verbindung (Abb. 8.73). Das Septum orbitale ist im oberen Augenlid an der Sehne des Musculus levator palpebrae superioris und im Unterlid am Tarsus (derbe Bindegewebsplatte des Augenlids) befestigt.

Tarsus und Musculus levator palpebrae superioris

Der Tarsus bildet das Grundgerüst des Augenlids (Abb. 8.71). Man unterscheidet einen großen **Tarsus superior** im oberen Augenlid von einem kleinen **Tarsus inferior** im unteren Augenlid (Abb. 8.74). Die Platten aus straffem kollagenem Bindegewebe sind medial über das Ligamentum palpebrale mediale an der Crista lacrimalis anterior der Maxilla und lateral über das Ligamentum palpebrale am Tuberculum orbitale des Os zygomaticum befestigt.

In die Tarsalplatten sind die Meibom-Drüsen (Glandulae tarsales) eingebettet, die am freien Rand der Augenlider münden. Es handelt sich jeweils um 20 – 25 modifizierte Talgdrüsen im Ober- und im Unterlid, die die Lipidkomponente des Tränenfilms bilden und einer Verdunstung der Tränenflüssigkeit entgegenwirken.

Obwohl die Tarsi des Ober- und des Unterlids allgemein ähnlich aufgebaut sind und vergleichbare Funktionen besitzen, gibt es doch einen bedeutenden Unterschied. In die Tarsalplatte des Oberlids strahlt der **Musculus levator palpebrae superioris** ein (Abb. 8.74). 864
865
Er hebt das Augenlid und ist der Augenöffner. Er entspringt im dorsalen Abschnitt des Orbitadachs, unmittelbar oberhalb des Foramen opticum hinter dem Anulus tendineus communis (Zinn-Sehnenring), einem Sehnenring, an dem die meisten äußeren Augenmuskeln entspringen. Der Muskel inseriert an der Vorderfläche des Tarsus superior, wobei unter Umständen einige Fasern in der Haut des Oberlids ansetzen können. Die Innervation erfolgt durch den Nervus oculomotorius [III].

Mit dem Musculus levator palpebrae superioris ist eine Anzahl glatter Muskelfasern assoziiert, die von dessen Unterfläche zum Oberrand des Tarsus superior ziehen (Abb. 8.71). Diese glatten Muskelzellen werden als **Musculus tarsalis superior** zusammengefasst. Letzterer wird durch postganglionäre sympathische Fasern aus dem Ganglion cervicale superius innerviert. (Bei starker Müdigkeit nimmt der Sympathikotonus ab, der Musculus tarsalis superior erschlafft, und „die Augen fallen zu“.)

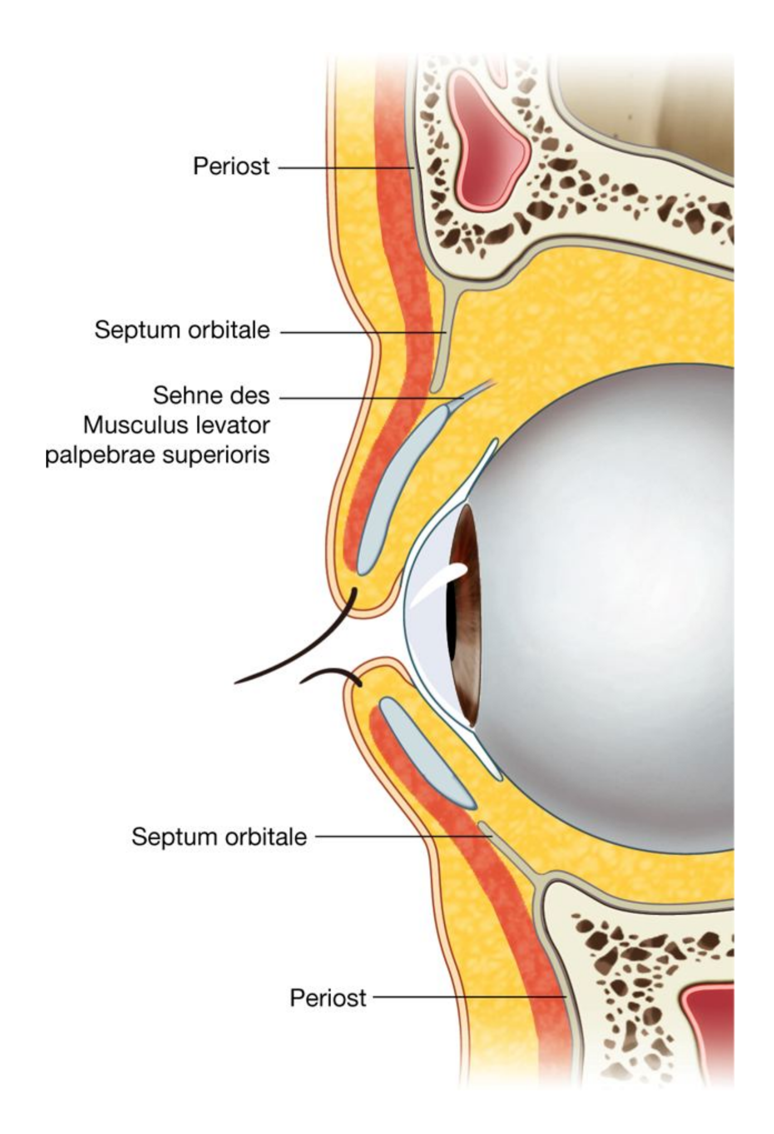
Lähmung des Musculus levator palpebrae superioris führt zu einer „Ptose“ (Herabhängen des oberen Augenlids über die Pupille, der Patient sieht auf der betroffenen Seite nichts mehr). Die Lähmung des Musculus tarsalis superior führt zu einer „engen Lidspalte“ (die Pupille ist nicht verdeckt, der Patient kann noch sehen).

Konjunktiva

Das Augenlid wird auf der Innenseite von einem zweireihigen bis mehrschichtigen Epithel, der Bindehaut **(Konjunktiva)**, bedeckt, das außer der Rückseite des Ober- und des Unterlids (Tunica conjunctiva palpebrarum, Abb. 8.71) auch Teile der Außenfläche des Bulbus oculi bedeckt (Tunica conjunctiva bulbi). Dabei bedeckt die Tunica conjunctiva palpebrarum die Hinterfläche des Augenlids vollständig und schlägt dann auf die Oberfläche des Bulbus oculi (Tunica conjunctiva bulbi) um. Am Übergang zwischen Sclera und Cornea ist sie am Augapfel befestigt. Aufgrund der Fixierung bildet sich beim Schließen der Augenlider ein **Saccus conjunctivalis**, dessen obere und untere Ausläufer als **Fornix conjunctivae superior** und **Fornix conjunctivae inferior** (Tunica conjunctiva fornicis) bezeichnet werden (Abb. 8.71). Die Becher- und die Epithelzellen der Konjunktiva (sowie ebenfalls die Epithelzellen der Cornea) bilden den größten Teil der Muzinkomponente des Tränenfilms).

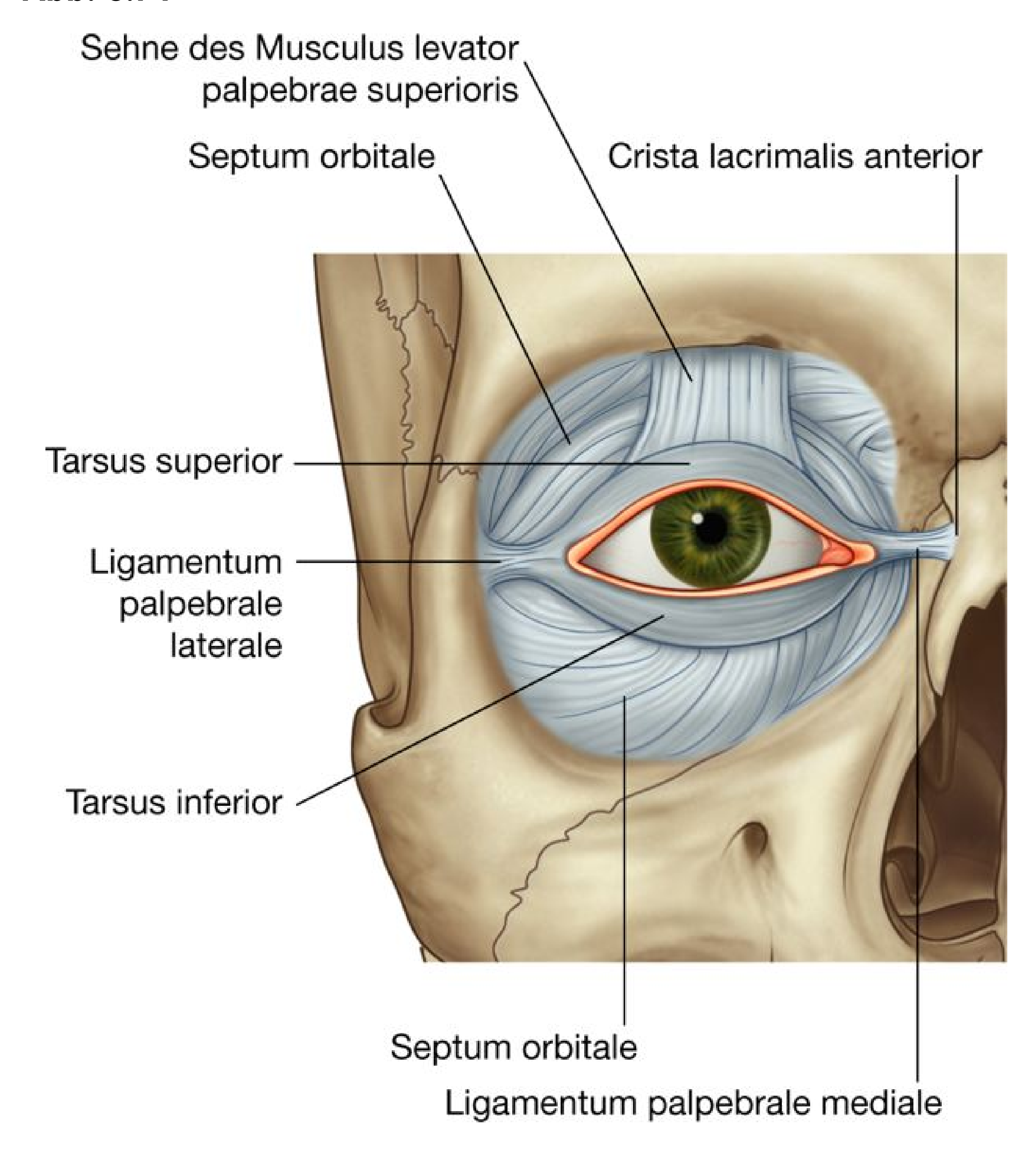
Drüsen

Abb. 8.73



Septum orbitale.

Abb. 8.74



Tarsi superior und inferior.

Die Meibom-Drüsen (Glandulae tarsales) sind nicht die einzigen Drüsen der Augenlider. An den Wimpern sitzen Talgdrüsen (Zeis-Drüsen) und spezialisierte Duftdrüsen (Moll-Drüsen; sie bilden antimikrobiell wirksame Peptide und Proteine). In der Fornix conjunctivae kommen ferner zahlreiche kleine akzessorische Tränendrüsen vor (Krause-Drüsen, Wolfring-Drüsen; sie sind vergleichbar der Glandula lacrimalis aufgebaut und beteiligen sich an der Bildung der wässrigen Komponente des Tränenfilms). *Ein Gerstenkorn* **(Hordeolum)** *ist eine akute, begrenzte, eitrige Entzündung. Diese sitzt als Hordeolum externum in den Haarbälgen der Wimpern oder den Moll- oder Zeis-Drüsen. Ein Befall der Meibom-Drüsen wird als Hordeolum internum bezeichnet. Einen chronischen Sekretstau in den*

865
866

Meibom-Drüsen nennt man Hagelkorn **(Chalazion).** *Dabei bildet sich eine schmerzlose Lidschwellung im Tarsus.*

Gefäße

Die arterielle Versorgung der Augenlider erfolgt über zahlreiche regionale Gefäße (Abb. 8.75). Dazu gehören:

- Arteriae supratrochlearis, supraorbitalis, lacrimalis und dorsalis nasi aus der Arteria ophthalmica
- Arteria angularis aus der Arteria facialis
- Arteria transversa faciei aus der Arteria temporalis superficialis
- direkte Äste aus der Arteria temporalis superficialis.

Der venöse Abfluss erfolgt von außen über Venen, die mit den zahlreichen Arterien verlaufen, sowie von innen über Gefäße, die mit den Venae ophthalmicae in der Orbita in Verbindung stehen.

Der Lymphabfluss erfolgt in erster Linie über die Nodi lymphoidei parotidei und in kleinerem Maße aus dem nasalen Augenwinkel über Lymphgefäße, die mit der Arteria angularis sowie der Arteria facialis zusammen zu den Nodi lymphoidei submandibulares gelangen.

Innervation

Die Innervation der Augenlider umfasst sensible und motorische Komponenten.

Die sensiblen Nerven sind Äste des Nervus trigeminus [V]. Rami palpebrales kommen aus (Abb. 8.76)

- den Nervi supraorbitalis, supratrochlearis, infratrochlearis und lacrimalis (alles Äste des Nervus ophthalmicus [V_1])
- dem Nervus infraorbitalis des Nervus maxillaris [V_2].

Die motorische Innervation erfolgt über

- den Nervus facialis [VII], der die Pars palpebralis des Musculus orbicularis oculi innerviert
- den Nervus oculomotorius [III], der den Musculus levator palpebrae superioris innerviert
- sympathische Fasern, die den Musculus tarsalis superior innervieren.

Bei Lähmung des Musculus orbicularis oculi (Schädigung des Nervus facialis [VII]) können die Augenlider nicht mehr geschlossen werden. Das untere Augenlid hebt sich vom Bulbus

oculi ab (Ektropium); das untere Tränenpünktchen taucht nicht mehr in den Tränensee ein. Dies führt zu einem gestörten Tränenabfluss; die Tränenflüssigkeit sickert über das Unterlid nach außen und fließt außen über die Wange. Durch den fehlenden Lidschluss kommt es zu Störungen der Augenoberflächenbenetzung. Die Hornhaut trocknet aus und trübt ein, es besteht Erblindungsgefahr.

Bei Lähmung des Musculus levator palpebrae superioris (Schädigung des Nervus oculomotorius [III]) kann das obere Augenlid nicht willkürlich angehoben werden; es resultiert eine Ptose.

Bei Lähmung des Musculus tarsalis superior (Schädigung des Sympathikus) z. B. im Rahmen eines Horner-Syndroms (siehe unten) kommt es zu einer engen Lidspalte (Letztere wird von vielen Klinikern und in manchen Lehrbüchern als partielle Ptose beschrieben).

Tränenapparat

Der Tränenapparat umfasst die **Tränendrüse** und deren Ausführungsgänge, die **Canaliculi lacrimales (oberes und unteres Tränenkanälchen)**, den **Saccus lacrimalis** und den **Ductus nasolacrimalis**.

Die Tränendrüse (Glandula lacrimalis) liegt unter dem temporalen oberen Rand der knöchernen Orbita (Abb. 8.77) und wird von der Ansatzsehne den Musculus levator palpebrae superioris in zwei Anteile getrennt (Abb. 8.78):

- Die größere **Pars orbitalis** liegt in einer Vertiefung, der Fossa lacrimalis des Os frontale.
- Die kleinere **Pars palpebralis** liegt unterhalb der Ansatzsehne des Musculus levator palpebrae superioris im oberen äußeren Anteil des Augenlids unter der Pars orbitalis.

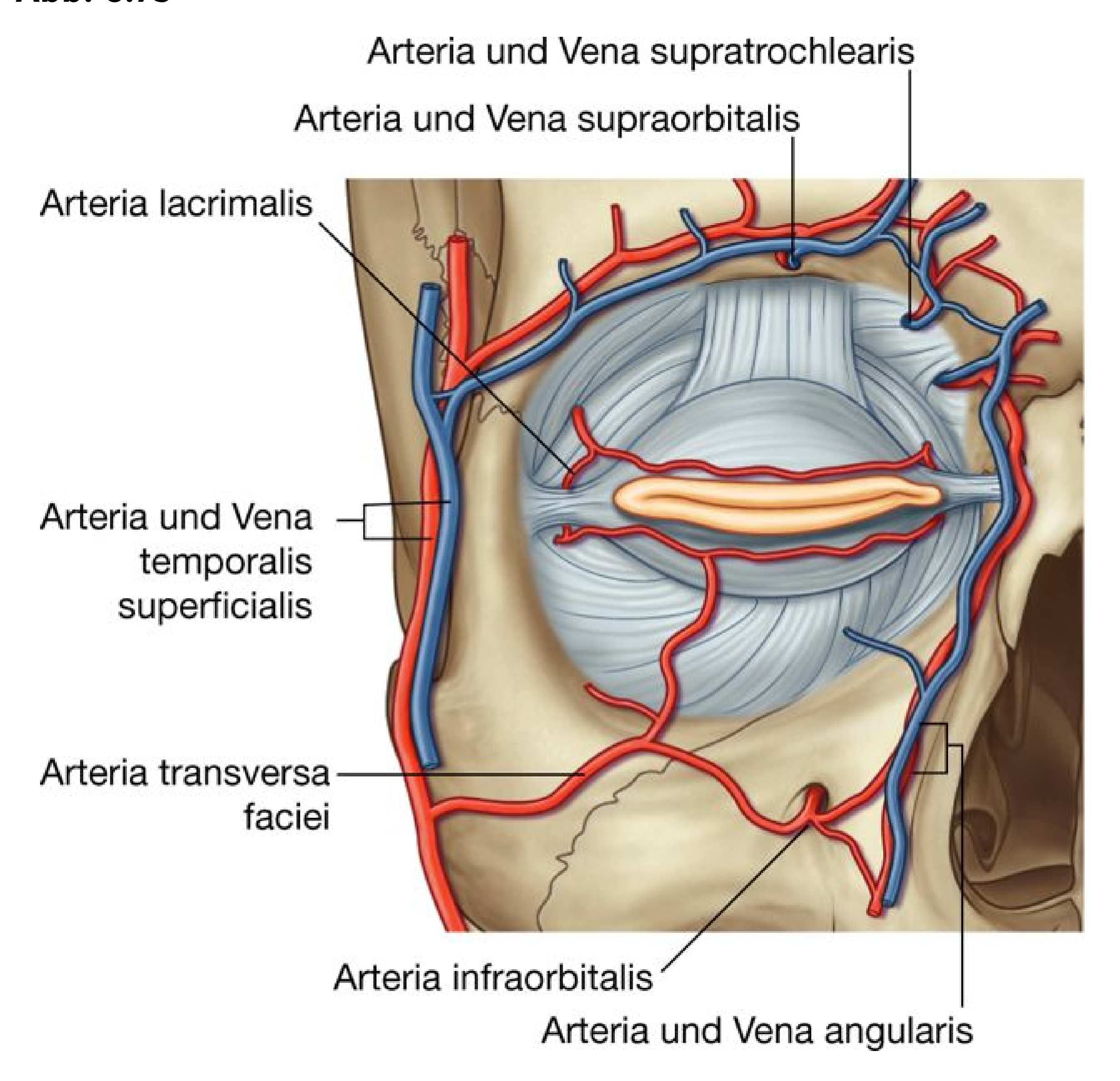
Die Tränendrüse ist in Läppchen gegliedert und mündet mit etwa zehn Aufführungsgängen in den oberen Fornix conjunctivae. Das Ausführungsgangsystem ist einfach gebaut (keine Schalt- und Streifenstücke). Die Tränendrüse bildet den größten Teil der wässrigen Komponente des Tränenfilms. Diese wässrige Komponente hat die gleiche Elektrolytzu-sammensetzung wie das Blut (isoton). Sie enthält Antikörper (IgA), verschiedene antimikrobielle Proteine und auch Muzine. Somit trägt die Tränendrüse außer zur wässrigen Komponente auch zur Bildung der Muzinkomponente des Tränenfilms bei.

Die Tränendrüse sezerniert kontinuierlich Flüssigkeit, die durch den Lidschlag auf der Oberfläche des Bulbus oculi verteilt wird. Dabei vermischt sich die wässrige Komponente mit der von Konjunktiva und Cornea gebildeten Muzinkomponente sowie mit der von den Meibom-Drüsen stammenden Lipidkomponente und bildet den komplexen Tränenfilm an der Augenoberfläche, der mit jedem Lidschlag neu aufgebaut und verteilt wird.

Die Kontraktion des Musculus orbicularis oculi erfolgt im Rahmen des Lidschlags zeitversetzt von temporal nach nasal. Dadurch wird der Tränenfilm in Richtung des nasalen Augenwinkels bewegt. Hier sammelt sich „verbrauchte" Tränenflüssigkeit als Tränensee, **Lacus lacrimalis**, und wird über die ableitenden Tränenwege in den unteren Nasengang drainiert. Dabei tauchen im Rahmen des Lidschlusses oberes und unteres Tränenpünktchen (**Puncta lacrimalia;** sie sind 866

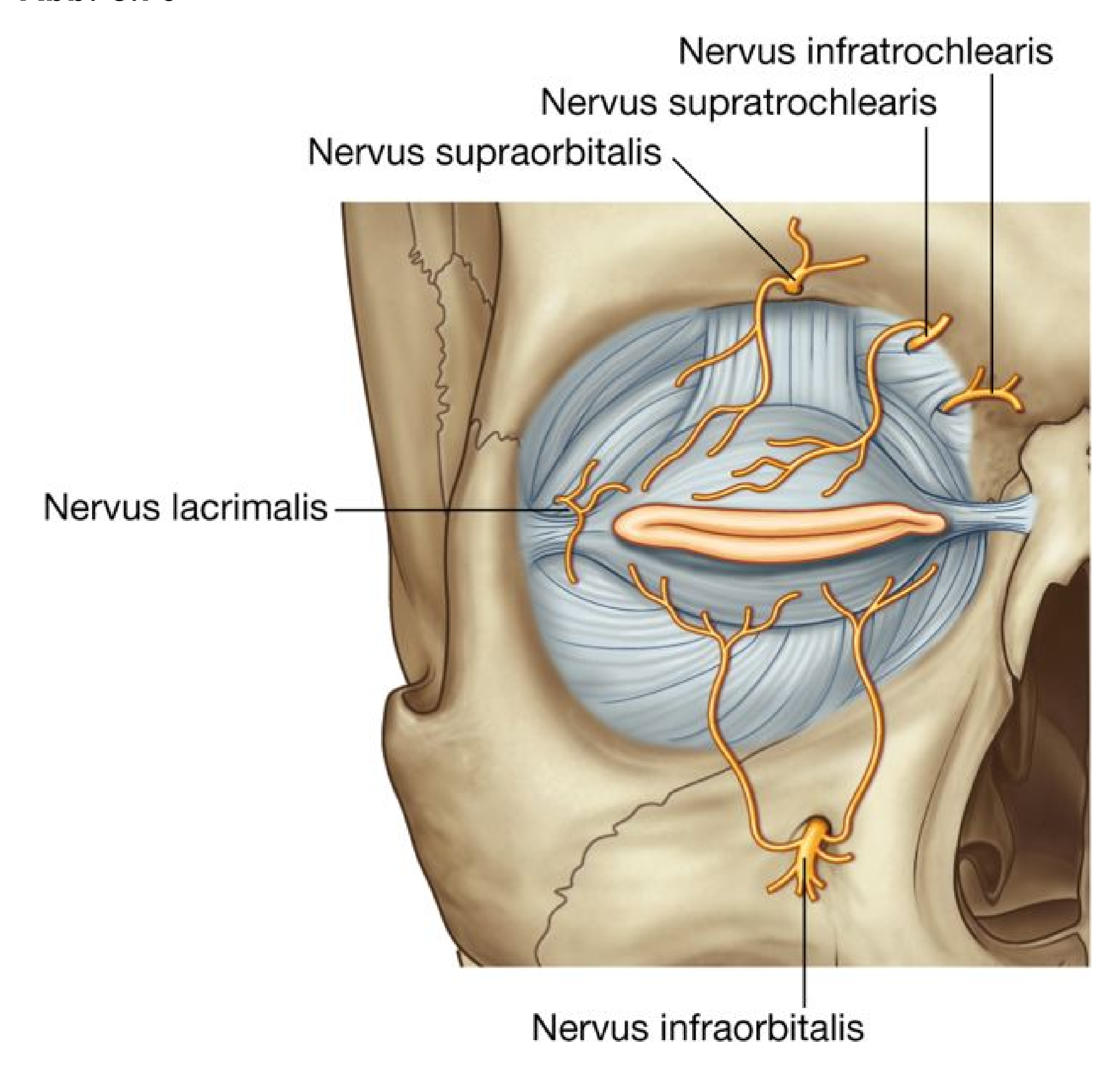
die Öffnungen, durch die die Tränenflüssigkeit in die Canaliculi abfließt), die etwa 5 mm vom nasalen Augenwinkel entfernt oben und unten am Lidrand sitzen (Abb. 8.77), in den Tränensee ein. Durch Kontraktion der Pars lacrimalis des Musculus orbicularis oculi (Horner-Muskel), die um die Tränenkanälchen herum angeordnet ist, entsteht eine Art Sog (die Pars lacrimalis funktioniert wie eine Art Saug-Druck-Pumpe), der die Tränenflüssigkeit aus dem Tränensee über die Tränenpünktchen durch die Tränenkanälchen in den Tränensack saugt. Der genaue Abflussmechanismus ist im Einzelnen noch nicht geklärt.

Abb. 8.75



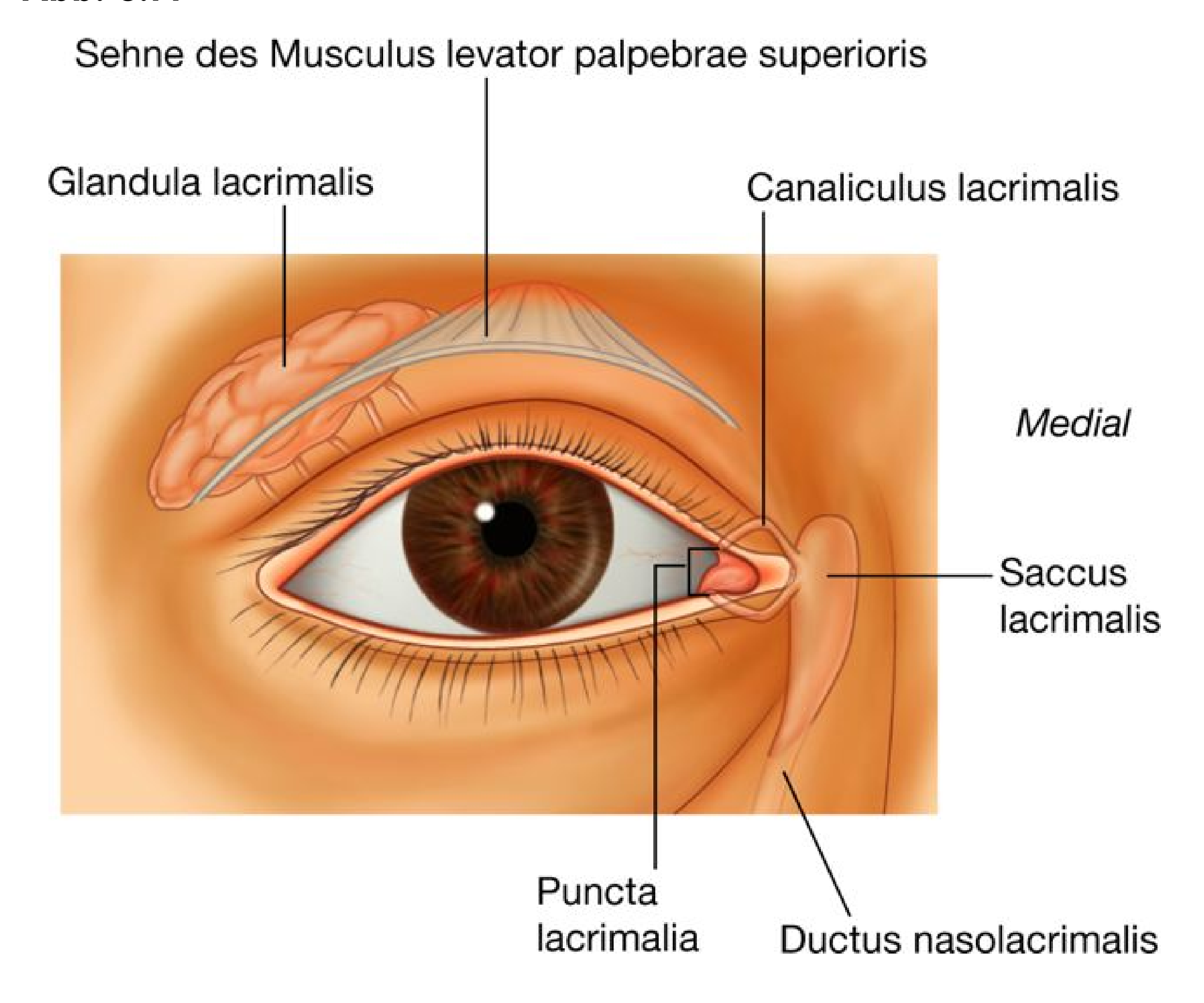
Blutversorgung der Augenlider.

Abb. 8.76



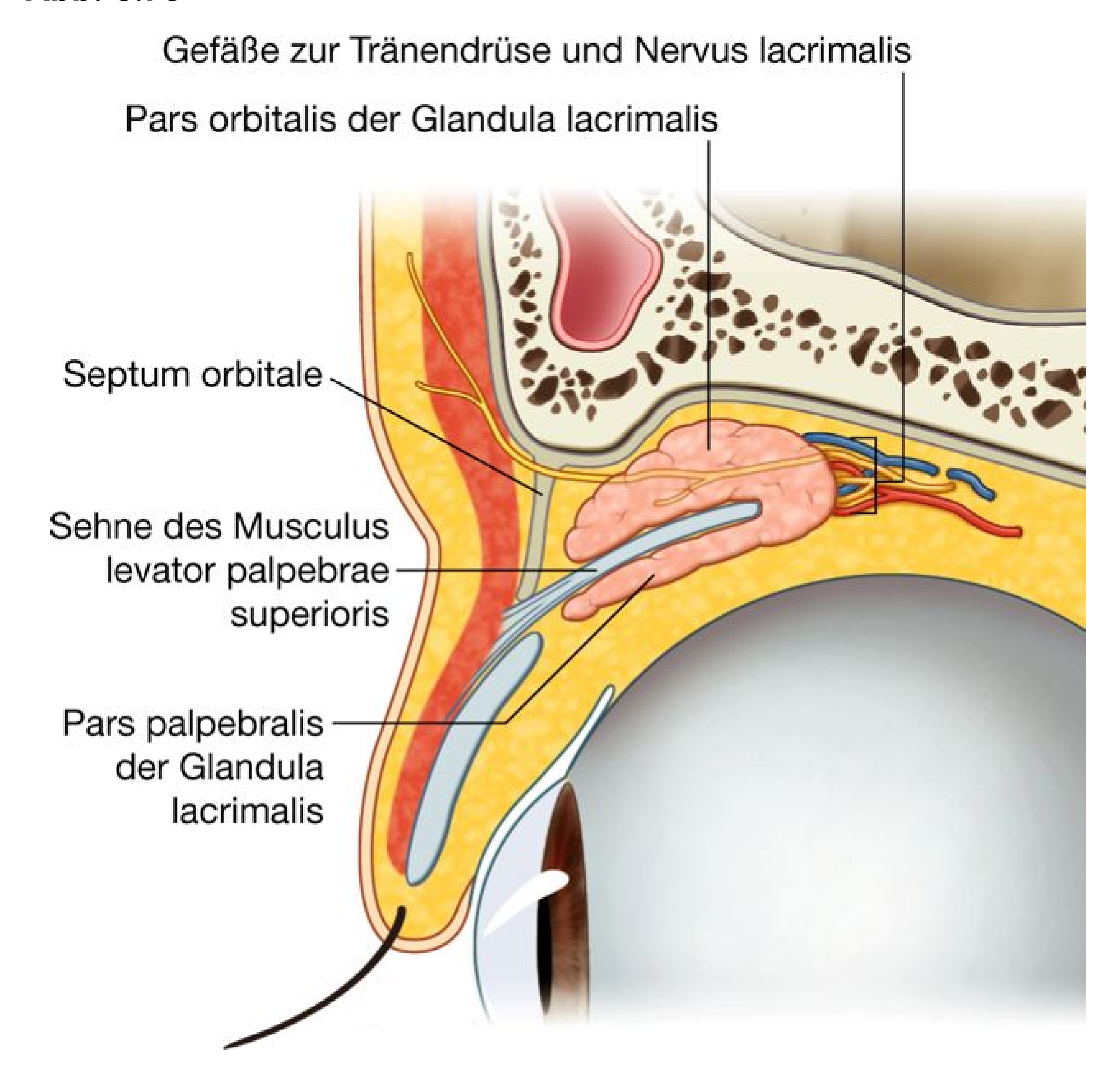
Innervation der Augenlider.

Abb. 8.77



Tränendrüse, Ansicht von vorn.

Abb. 8.78



Tränendrüse und Musculus levator palpebrae superioris.

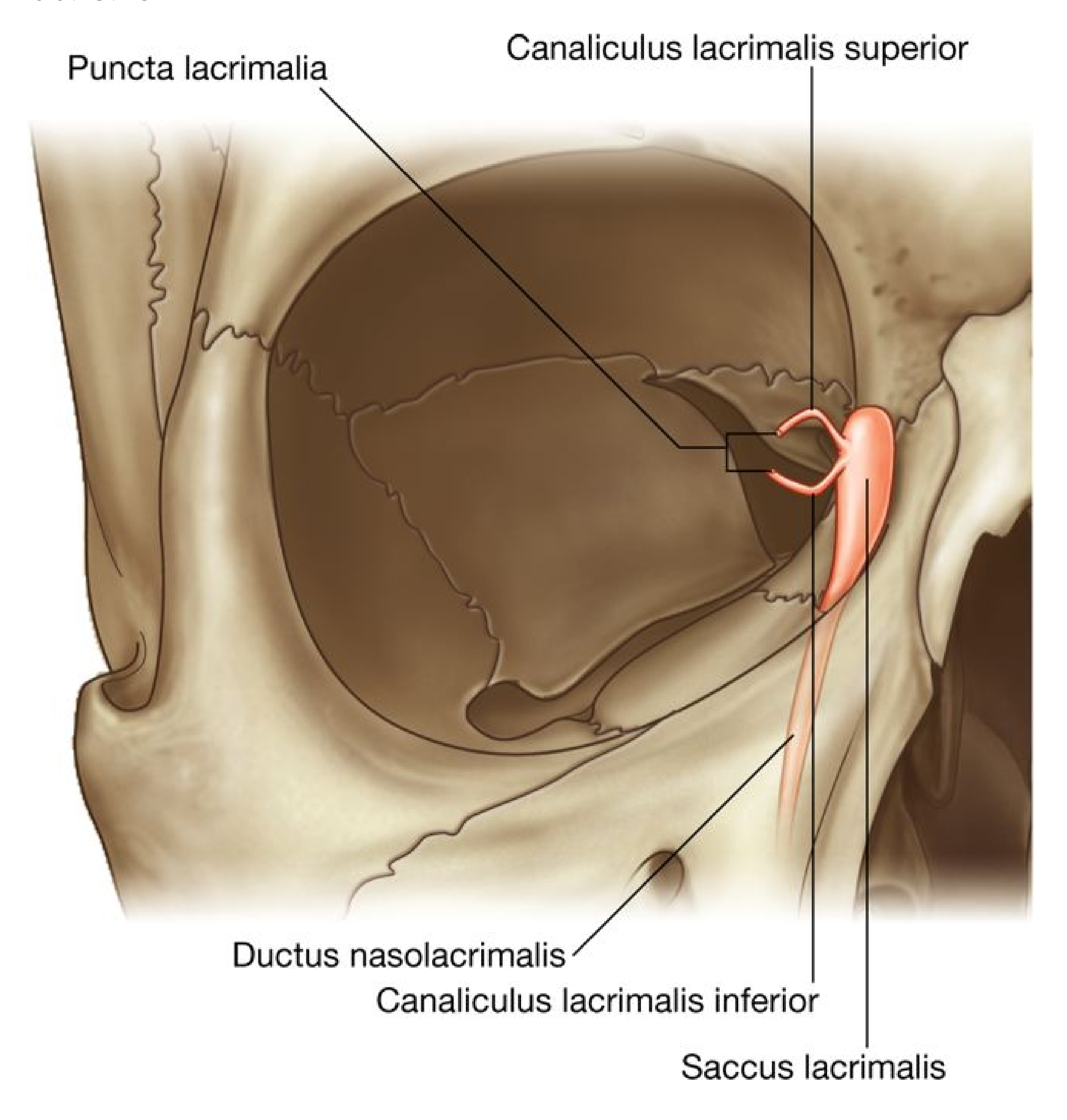
Die Tränenkanälchen (Canaliculi lacrimales) ziehen jeweils erst ein kurzes Stück nach kranial bzw. kaudal, biegen dann rechtwinklig nach nasal um, laufen etwa 1 cm nach nasal und vereinigen sich zu einem gemeinsamen Endstück, das anschließend zwischen Crista lacrimalis anterior und Crista lacrimalis posterior durch das Septum lacrimale in den Tränensack (Saccus lacrimalis) einmündet. In ihrem Verlauf werden sie von Fasern der Pars lacrimalis des Musculus orbicularis oculi umgeben (Abb. 8.79 und Abb. 8.80).

867
868

Die Wand des Tränensacks und des in einem von der Maxilla und dem Os lacrimale gebildeten knöchernen Kanal liegenden Tränennasengangs wird von einem spiralförmigen Wickelsystem aus Bindegewebsfasern gebildet. In das spiralförmige Wickelsystem ist ein Gefäßplexus aus spezialisierten Gefäßen eingelagert, der einem Schwellkörper gleicht. Das spiralförmige Wickelsystem bewirkt bei Dehnung (Lidschlag) ein Auswringen der ableitenden Tränenwege. Dabei wird die Tränenflüssigkeit distalwärts drainiert. Die eingelagerten Gefäße des

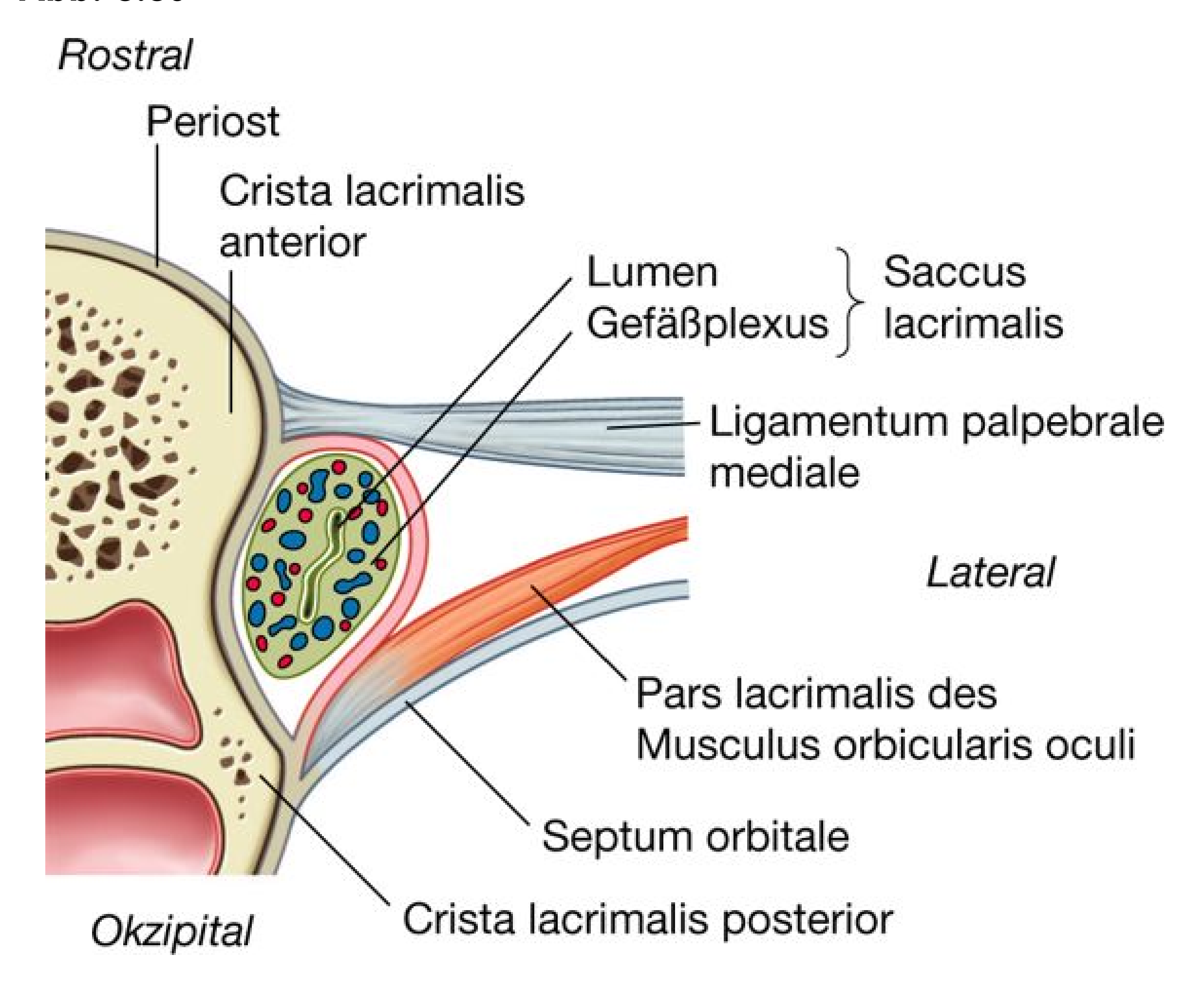
Schwellkörpers unterliegen der vegetativen Kontrolle und sind in einen Reflexbogen gemeinsam mit der Tränendrüse und der Augenoberfläche integriert. Über die Innervation wird der Füllungszustand der Gefäße und damit konsekutiv die Lumenweite der ableitenden Tänenwege reguliert. Epiphora (Tränenträufeln), ausgelöst durch Emotionen wie Trauer oder Freude, lässt sich u. a. über diesen Mechanismus erklären.

Abb. 8.79



Lage des Tränensacks.

Abb. 8.80



Lage des Tränensacks.

Innervation

An der Innervation der Tränendrüse sind drei verschiedene Komponenten beteiligt (Abb. 8.81).

Sensible Innervation

Sensible Nervenfasern aus der Tränendrüse gelangen über den Nervus lacrimalis zum Nervus ophthalmicus [V_1] und in das ZNS.

Sekretomotorische (parasympathische) Innervation

Sekretomotorische Fasern aus dem parasympathischen Anteil des autonomen Nervensystems (des PNS) stimulieren die Flüssigkeitssekretion in der Tränendrüse. Diese präganglionären parasympathischen Nervenfasern verlassen das ZNS mit dem Nervus facialis [VII], verlaufen ohne Umschaltung durch das Ganglion geniculi (äußeres Fazialisknie) weiter im Nervus petrosus major (Ast des Nervus facialis [VII]). Der Nerus

petrosus major tritt in den Canalis pterygoideus ein und wird hier zum **Nervus canalis pterygoidei** (Abb. 8.81).

Der Nervus canalis pterygoidei erreicht die Fossa pterygopalatina und hier das Ganglion pterygopalatinum. Im Ganglion erfolgt die Umschaltung der präganglionären parasympathischen Neurone auf postganglionäre parasympathische Neurone. Die postganglionären Nervenfasern schließen sich dem Nervus maxillaris [V_3] an und verlaufen mit ihm bis zum Abgang des Nervus zygomaticus. Mit dem Nervus zygomaticus ziehen die Fasern weiter, schließen sich dann dem Nervus zygomaticotemporalis an, der sich schließlich dem Nervus lacrimalis anlegt. Letzterer erreicht die Tränendrüse.

Sympathische Innervation

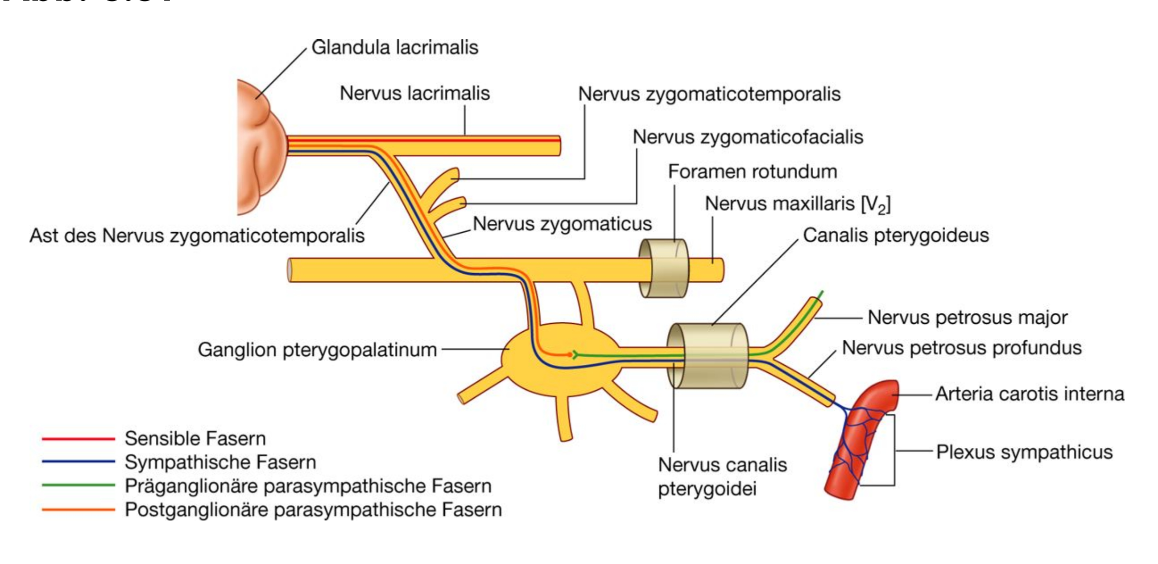
Die sympathische Innervation der Tränendrüse nimmt einen vergleichbaren Weg wie die parasympathische Innervation. Die postganglionären sympathischen Fasern aus dem Ganglion cervicale superius des Grenzstrangs verlaufen in einem Geflecht um die Arteria carotis interna (Abb. 8.81), verlassen das Geflecht als Nervus petrosus profundus und schließen sich den parasympathischen Fasern des Nervus canalis pterygoidei an. Nachdem sie ohne Umschaltung durch das Ganglion pterygopalatinum gezogen sind, folgen die sympathischen Fasern anschließend dem Weg der parasympathischen Fasern zur Tränendrüse.



868

869

Abb. 8.81



Innervation der Tränendrüse.

Gefäße

Die arterielle Versorgung der Tränendrüse erfolgt über Äste der Arteria ophthalmica; der venöse Abfluss erfolgt über Venae ophthalmicae.

Fissuren und Foramina

Zahlreiche Strukturen treten in die Orbita und verlassen sie durch eine Reihe von Öffnungen (Abb. 8.82).

Canalis opticus

Schaut man von vorn temporal auf die knöcherne Orbita, sieht man den Canalis opticus als runde Öffnung an der Spitze der pyramidenförmigen Orbita. Der Canalis opticus führt in die mittlere Schädelgrube und wird medial durch das Corpus ossis sphenoidalis, lateral durch die Ala minor ossis sphenoidalis begrenzt. Durch den Canalis opticus ziehen der Nervus opticus und die Arteria ophthalmica (Abb. 8.83).

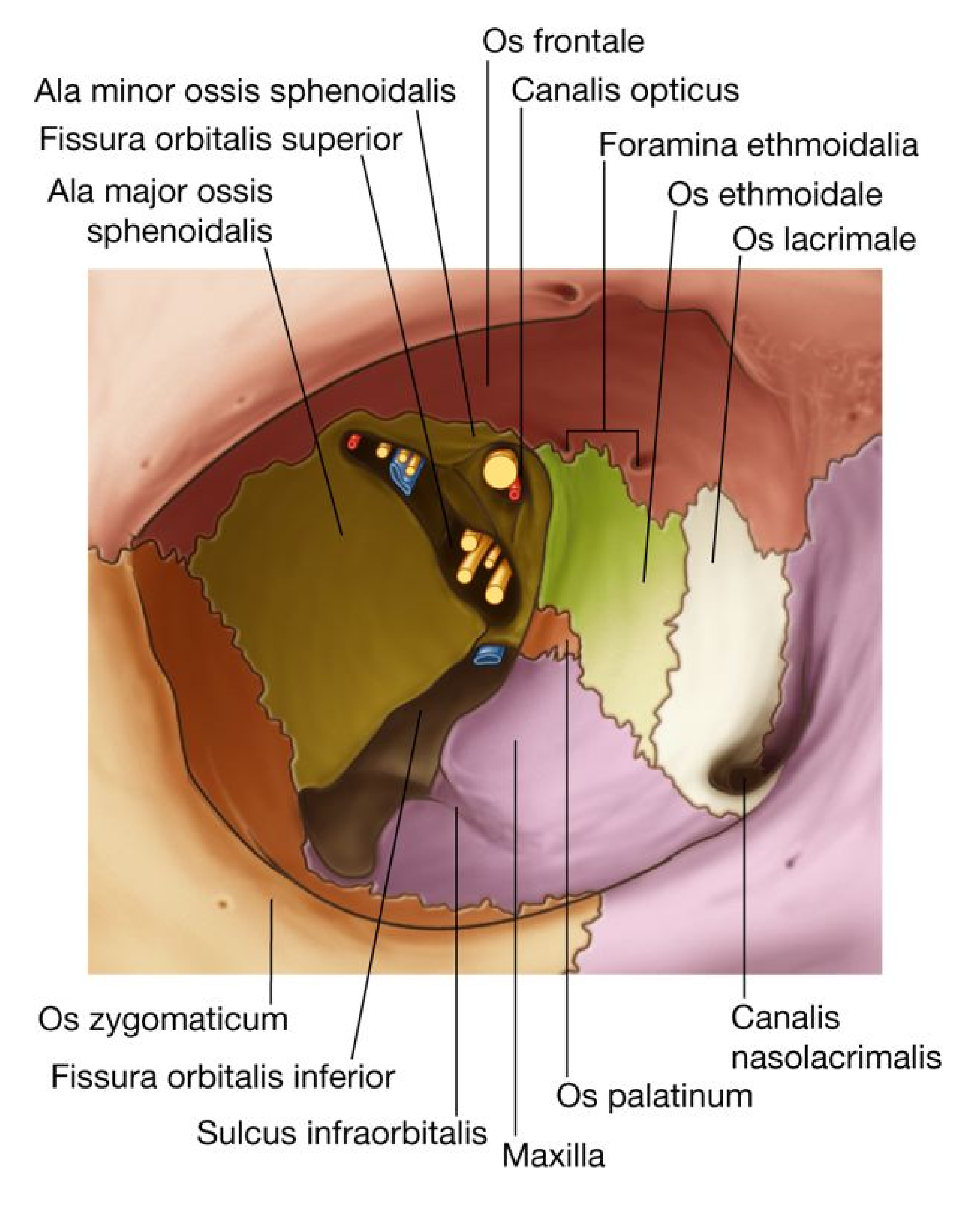
Fissura orbitalis superior

Unmittelbar lateral des Canalis opticus befindet sich eine dreieckige Lücke zwischen dem Dach und der lateralen Wand der knöchernen Orbita, die Fissura orbitalis superior. Sie ermöglicht den Durchtritt von Strukturen zwischen Orbita und mittlerer Schädelgrube (Abb. 8.82).

Durch die Fissura orbitalis superior treten die Rami superiores und inferiores des Nervus oculomotorius [III], die Nervi trochlearis [IV], abducens [VI], lacrimalis, frontalis und nasociliaris (die drei Letztgenannten aus dem Nervus ophthalmicus [V_1]) sowie die Vena ophthalmica superior (Abb. 8.83).

Fissura orbitalis inferior

Abb. 8.82



Öffnungen der knöchernen Orbita.

Die laterale Wand der Orbita wird vom Boden der Orbita durch eine longitudinale Öffnung, die Fissura orbitalis inferior, getrennt (Abb. 8.82). Die Fissur wird von der Ala major ossis sphenoidalis auf der temporalen Seite sowie der Maxilla, dem Os palatinum und dem Os

869

zygomaticum auf der nasalen Seite begrenzt. Über die Fissura orbitalis inferior kommuniziert die Orbita

- hinten mit der Fossa pterygopalatina
- in der Mitte mit der Fossa infratemporalis
- vorn mit der Fossa temporalis.

Durch die Fissura orbitalis inferior treten der Nervus maxillaris [V_2], der aus dem Nervus maxillaris hervorgehende Nervus zygomaticus sowie die Arteria und Vena infraorbitalis und eine Vene, die mit dem venösen Plexus pterygoideus in Verbindung steht.

Foramen infraorbitale

Hinter der Fissura orbitalis inferior liegt der **Sulcus infraorbitalis**, der die Fissur auf Höhe des ersten Drittels ihrer Länge kreuzt und über den Boden der Orbita weiter nach rostral verläuft (Abb. 8.82). Der Sulcus infraorbitalis geht vorn in den **Canalis infraorbitalis** über. Letzterer öffnet sich am **Foramen infraorbitale** in das Gesicht etwa 1 cm unterhalb des Vorderrandes des Orbitabodens.

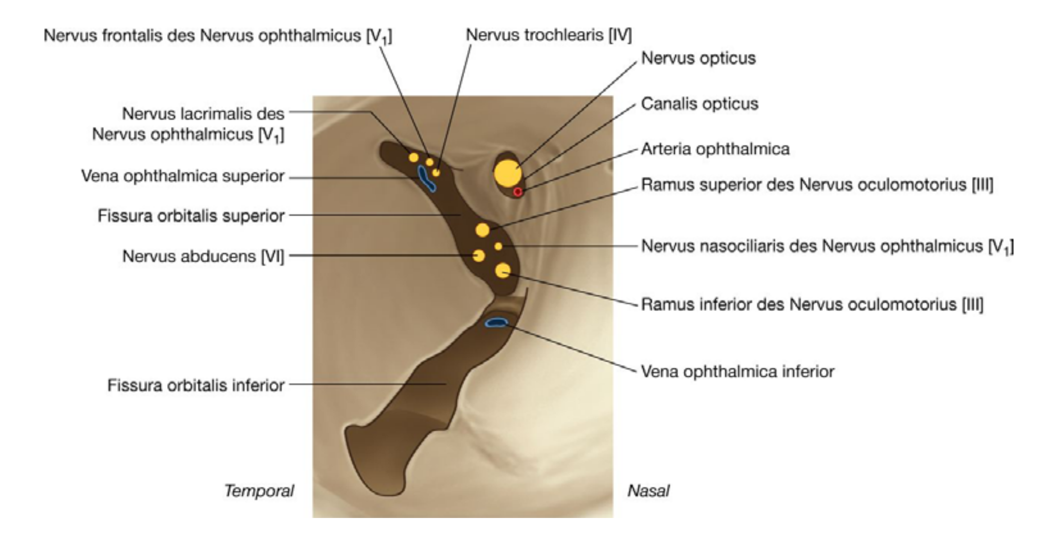
Durch Sulcus, Canalis und Foramen infraorbitale treten der Nervus infraorbitalis, ein Ast des Nervus maxillaris [V_2] und gleichnamige Vasa infraorbitalia in das Gesicht.

Weitere Öffnungen

In der medialen Wand der knöchernen Orbita liegen mehrere kleinere Öffnungen (Abb. 8.82).

Das **Foramen ethmoidale anterius** und das **Foramen ethmoidale posterius** liegen am Übergang von der oberen zur nasalen Orbitawand. Durch diese Öffnungen treten die Nervi ethmoidales anterior und posterior aus der Orbita durch das Os ethmoidale in die Nase.

Abb. 8.83



Canalis opticus und Fissura orbitalis superior.

Vorn und nasal öffnet sich die Fossa lacrimalis zum Canalis nasolacrimalis, der von der Maxilla und dem Os lacrimale gebildet wird und sich bis unter den Ansatz der unteren Nasenmuschel (Concha nasalis inferior) in die Nase erstreckt. Im Canalis nasolacrimalis verläuft der Ductus nasolacrimalis als Ausführungsgang der ableitenden Tränenwege.

Besonderheiten des Bindegewebes

Periorbita

Das Periost der Knochen, die die Orbita nach innen begrenzen, wird als **Periorbita** bezeichnet (Abb. 8.84). Am Rand der Orbita geht die Periorbita in das Periost der äußeren Schädeloberfläche über und strahlt hier als **Septum orbitale** in das obere und untere Augenlid ein.

Im Bereich der zahlreichen Öffnungen, über die Orbita und Schädelhöhle miteinander in Verbindung stehen, geht die Periorbita in die periostale Schicht der Dura mater über. Im dorsalen Anteil der Orbita verdickt sich die Periorbita in der Umgebung des Canalis opticus und im mittleren Bereich der Fissura orbitalis superior und bildet den **Anulus tendineus communis** (Zinn-Sehnenring). Er bildet den Ursprung für alle geraden äußeren Augenmuskeln. Darüber hinaus enthält die Periorbita glatte Muskelfasern, die in der Nähe der Fissura orbitalis inferior liegen und zusammen als Musculus orbitalis bezeichnet werden. Der Musculus orbitalis wird vom Sympathikus innerviert. Er zieht den Bulbus etwas nach vorn.

870

871

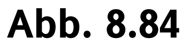
Beim Menschen ist er nur noch rudimentär vorhanden. *Bei Lähmung des Musculus orbitalis durch Schädigung des Sympathikus sinkt der Bulbus oculi etwas in die Augenhöhle zurück; es kommt zum Enophthalmus*.

Bindegewebshülle des Bulbus oculi und retrobulbärer Fettkörper

Die **Bindegewebshülle des Bulbus oculi (Vagina bulbi, Tenon-Kapsel)** ist eine Bindegewebsschicht, die den Großteil des Auges umschließt (Abb. 8.85 und 8.86):

- Dorsal ist sie an der Eintrittsstelle des Nervus opticus in den Bulbus fest mit der Sclera (der weiße Teil des Bulbus oculi) verwachsen.
- Vorn ist sie nahe des Cornearandes (der durchsichtige Teil des Bulbus) fest mit der Sclera verbunden.
- Zusätzlich verschmilzt sie im Insertionsbereich der äußeren Augenmuskeln am Bulbus mit den die Muskeln umhüllenden Faszien.

Abb. 8.84



Periorbita. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Anulus tendineus communis.

Ein besonderer unterer Abschnitt der Vagina bulbi ist das **Ligamentum suspensorium bulbi** (Lockwood-Band; Abb. 8.85 und 8.86), das dem Bulbus oculi Halt gibt. Das schlingenartige Band wird von der Vagina bulbi und Anteilen der Ansätze der Musculi rectus inferior, obliquus inferior, rectus medialis und rectus lateralis gebildet.

Sämtliche in der Orbia liegenden Strukturen sind von Fettgewebe (Baufett) umgeben. Der als **Corpus adiposum orbitae** bezeichnete Fettkörper ist besonders retrobulbär ausgeprägt (Abb. 8.85).

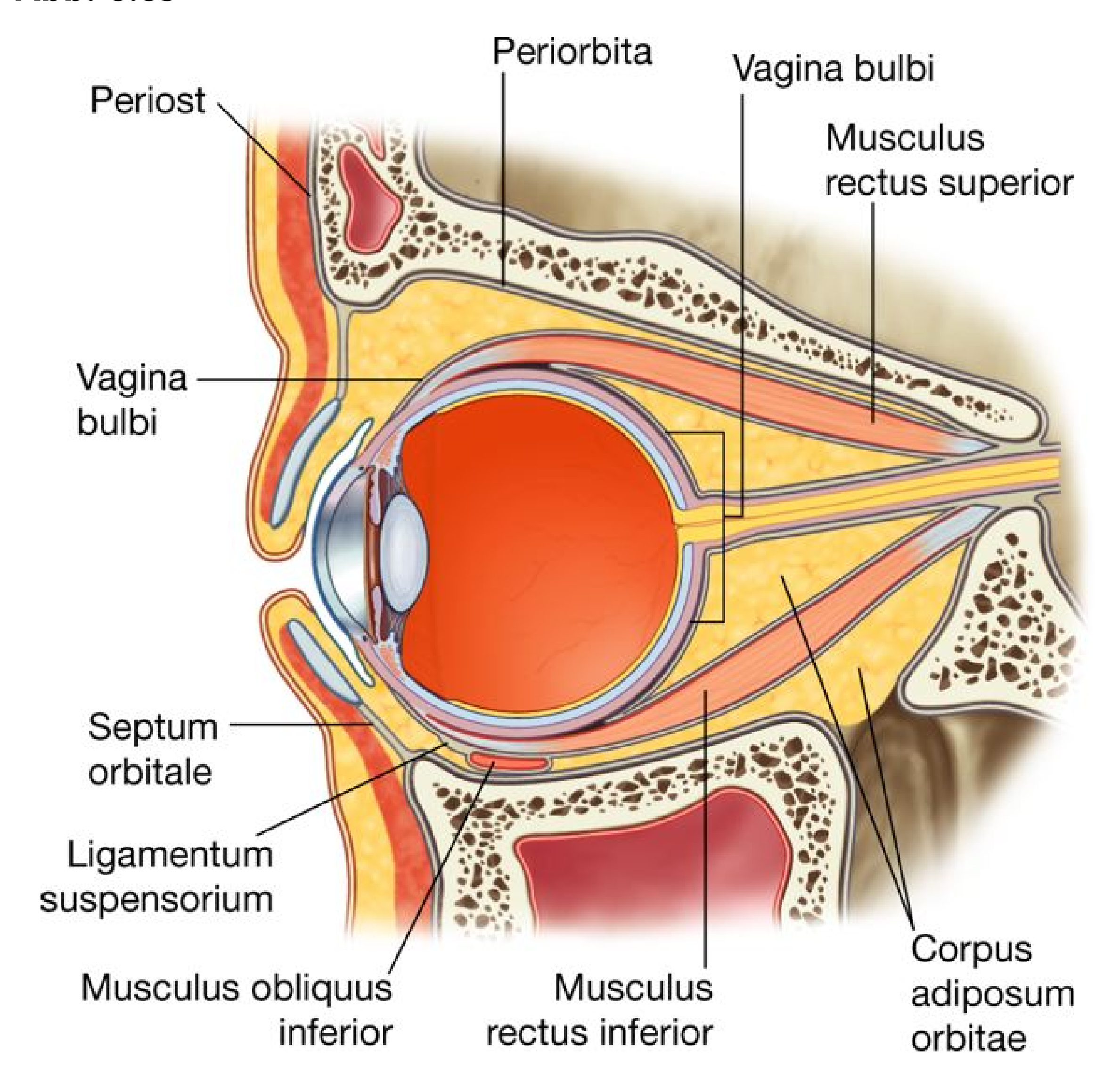
Retinacula der Musculi rectus medialis und rectus lateralis („check ligaments“)

Eine weitere Bindegewebsspezialisierung in der Orbita sind die Retinacula mediale und laterale (Abb. 8.86). Es handelt sich um bindegewebige Ausläufer der umhüllenden Faszien des Musculus rectus medialis und des Musculus rectus lateralis, die sich an der medialen bzw. lateralen Wand der knöchernen Orbita anheften:

- Das Retinaculum mediale ist ein Ausläufer der Faszie, die den Musculus rectus medialis umgibt. Es setzt unmittelbar hinter der Crista lacrimalis posterior des Os lacrimale an.
- Das Retinaculum laterale ist ein Ausläufer der den Musculus rectus lateralis bedeckenden Faszie und ist am Tuberculum orbitale des Os zygomaticum befestigt.

Funktionell sollen die im angloamerikanischen Sprachraum als „check ligaments“ bezeichneten Bänder die Wirkung der Musculi rectus medialis und rectus lateralis einschränken.

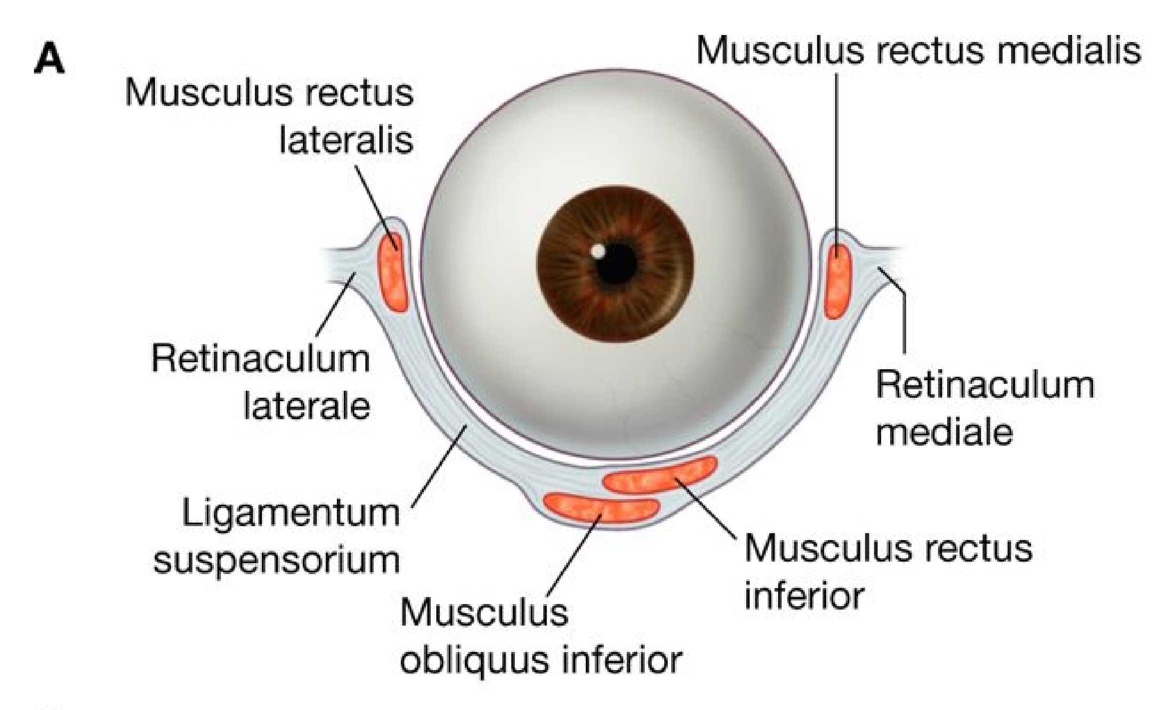
Abb. 8.85

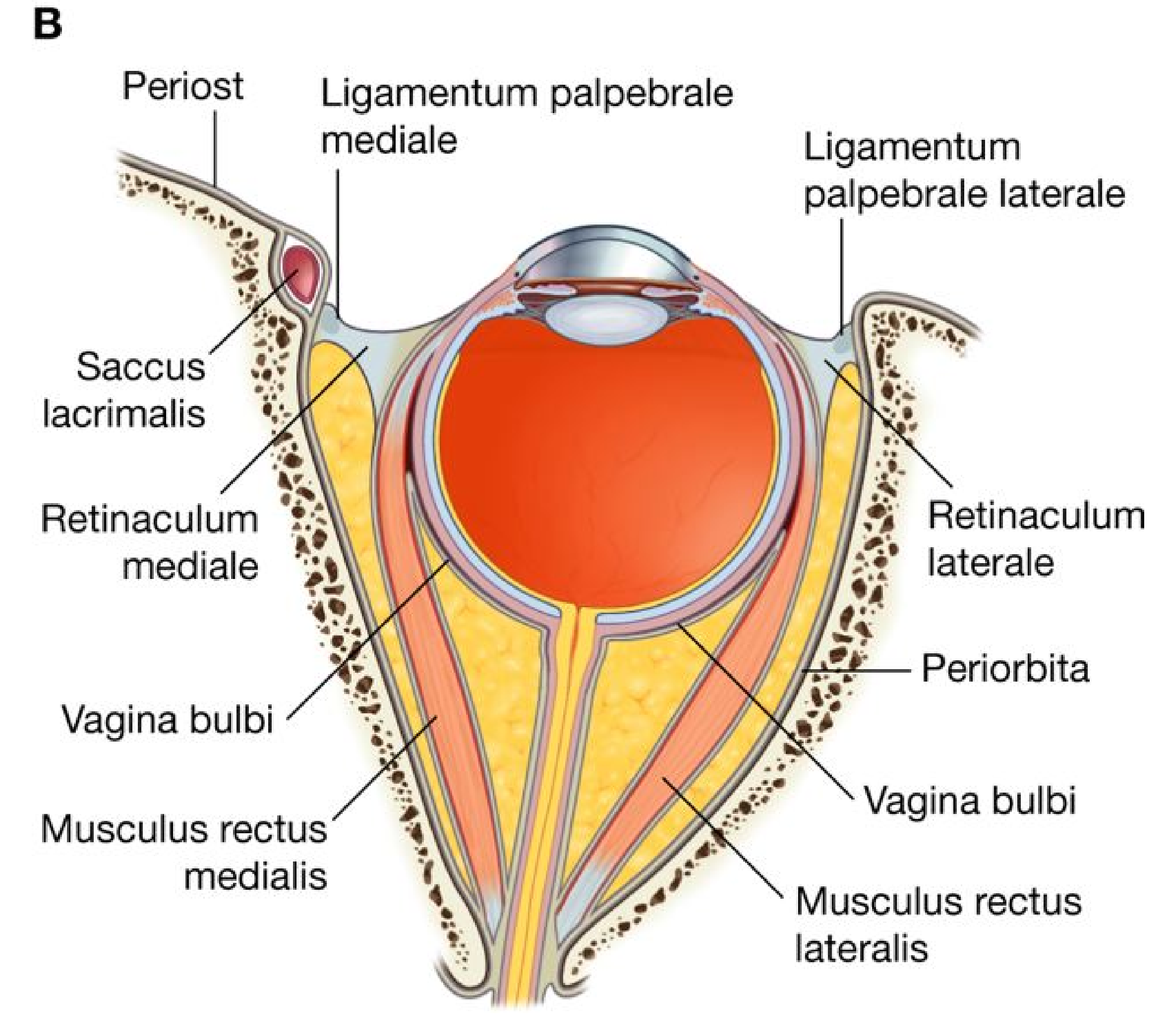


Bindegewebshülle des Bulbus oculi.

871

Abb. 8.86





Haltebänder (Check ligaments). **A**. Ansicht von vorn. **B**. Ansicht von oben.

Muskeln

In der Orbita kommen zwei Muskelgruppen vor:

- die **äußeren Augenmuskeln (extraokuläre Muskulatur)**, die der Bewegung des Augapfels oder dem Anheben des oberen Augenlids dienen
- die inneren Augenmuskeln innerhalb des Augapfels, die die Form der Linse und die Pupillenweite beeinflussen.

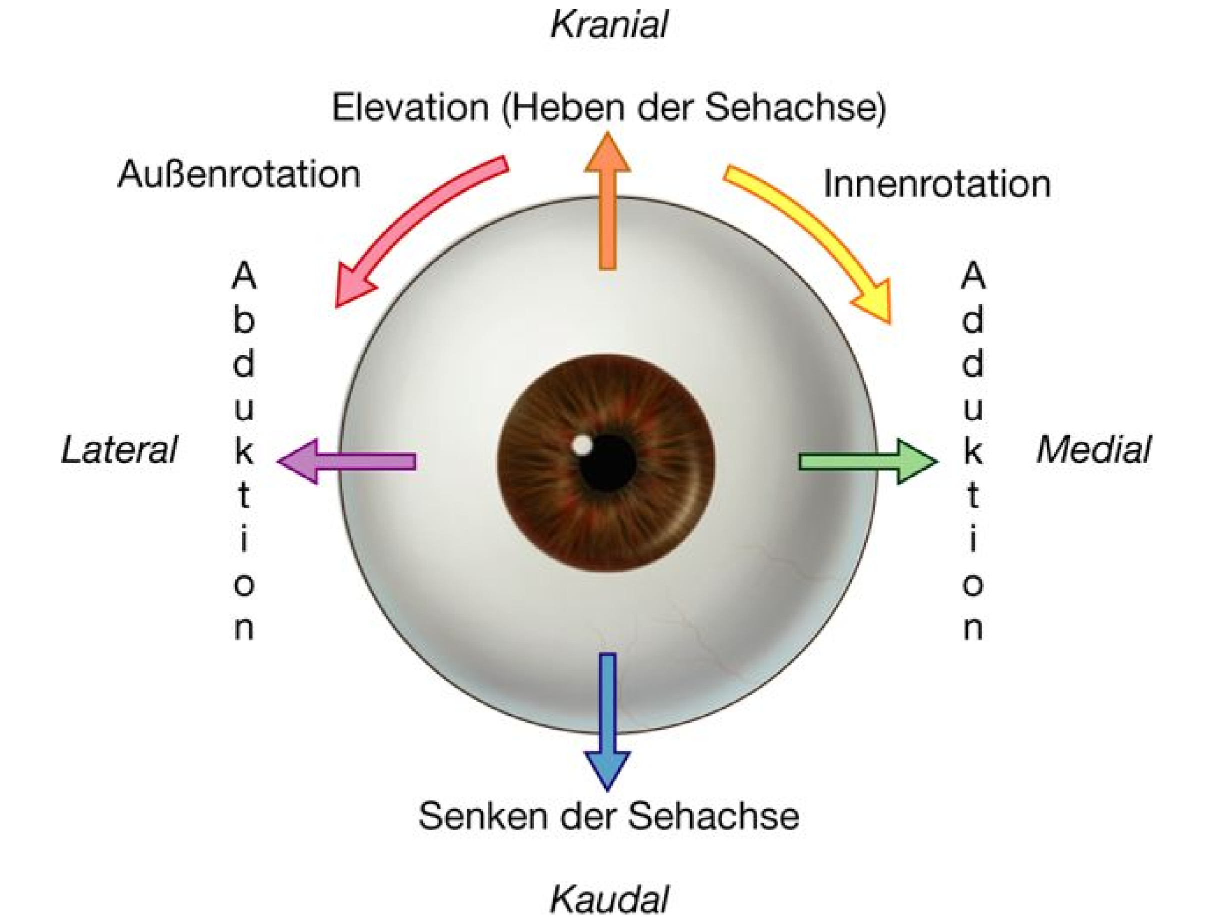
Zu den äußeren Augenmuskeln gehören die Musculi levator palpebrae superioris, rectus superior, rectus medialis, rectus inferior, rectus lateralis, obliquus superior und obliquus inferior.

Die inneren Augenmuskeln sind die Musculi ciliaris, sphincter pupillae und dilatator pupillae.

Äußere Augenmuskeln

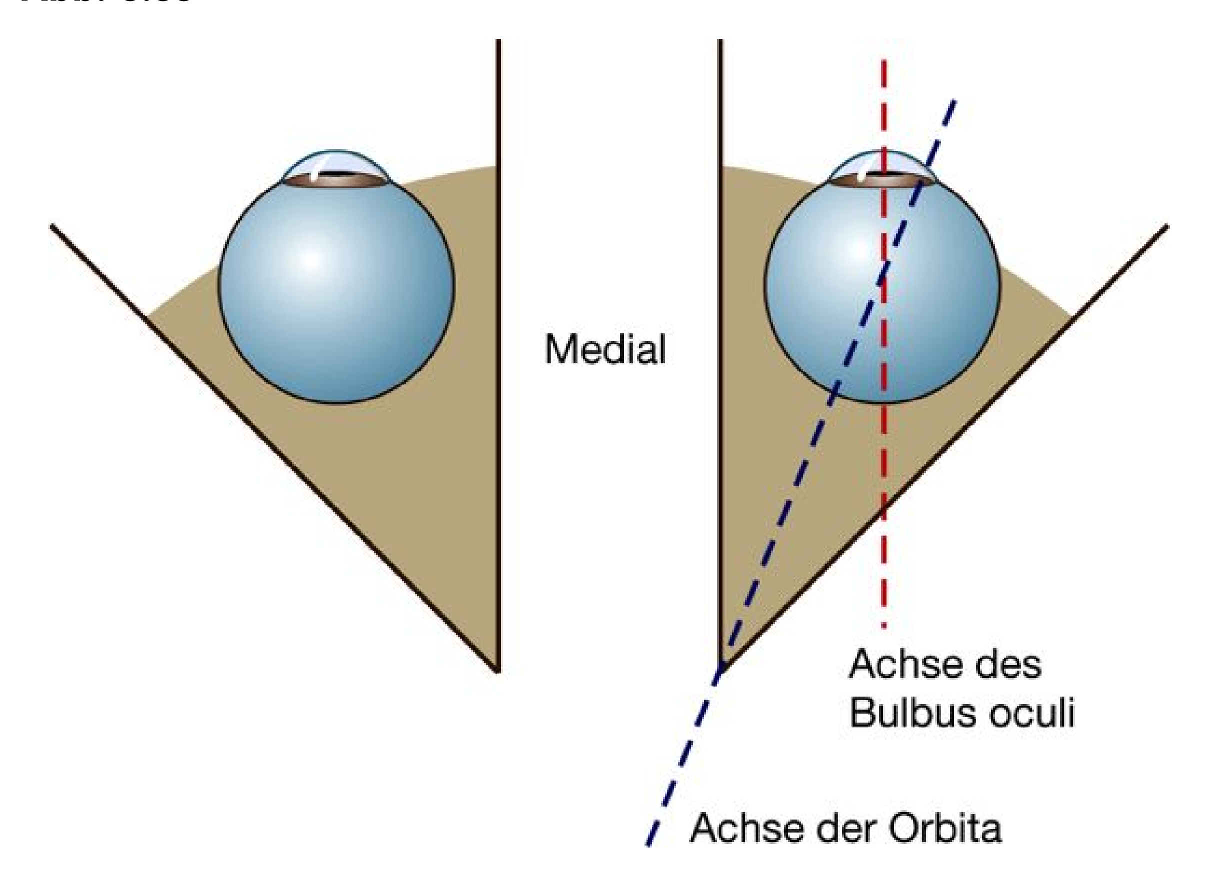
Von den sieben äußeren Augenmuskeln hebt einer das Oberlid an, und alle dienen der Bewegung des Bulbus oculi (Tab. 8.8).

Abb. 8.87



Bewegungen des Bulbus oculi.

Abb. 8.88



Achsen von Bulbus oculi und Orbita.

Die Bewegung des Bulbus oculi im dreidimensionalen Raum (Abb. 8.87) bezeichnet man als

- Anheben der Sehachse – Bewegung der Pupille nach oben
- Senken der Sehachse – Bewegung der Pupille nach unten
- Abduktion – Bewegung der Pupille nach lateral
- Adduktion – Bewegung der Pupille nach medial
- Innenrotation – rotiert den oberen Abschnitt der Pupille nach medial (in Richtung Nase)
- Außenrotation – rotiert den oberen Abschnitt der Pupille nach lateral (in Richtung Schläfe).

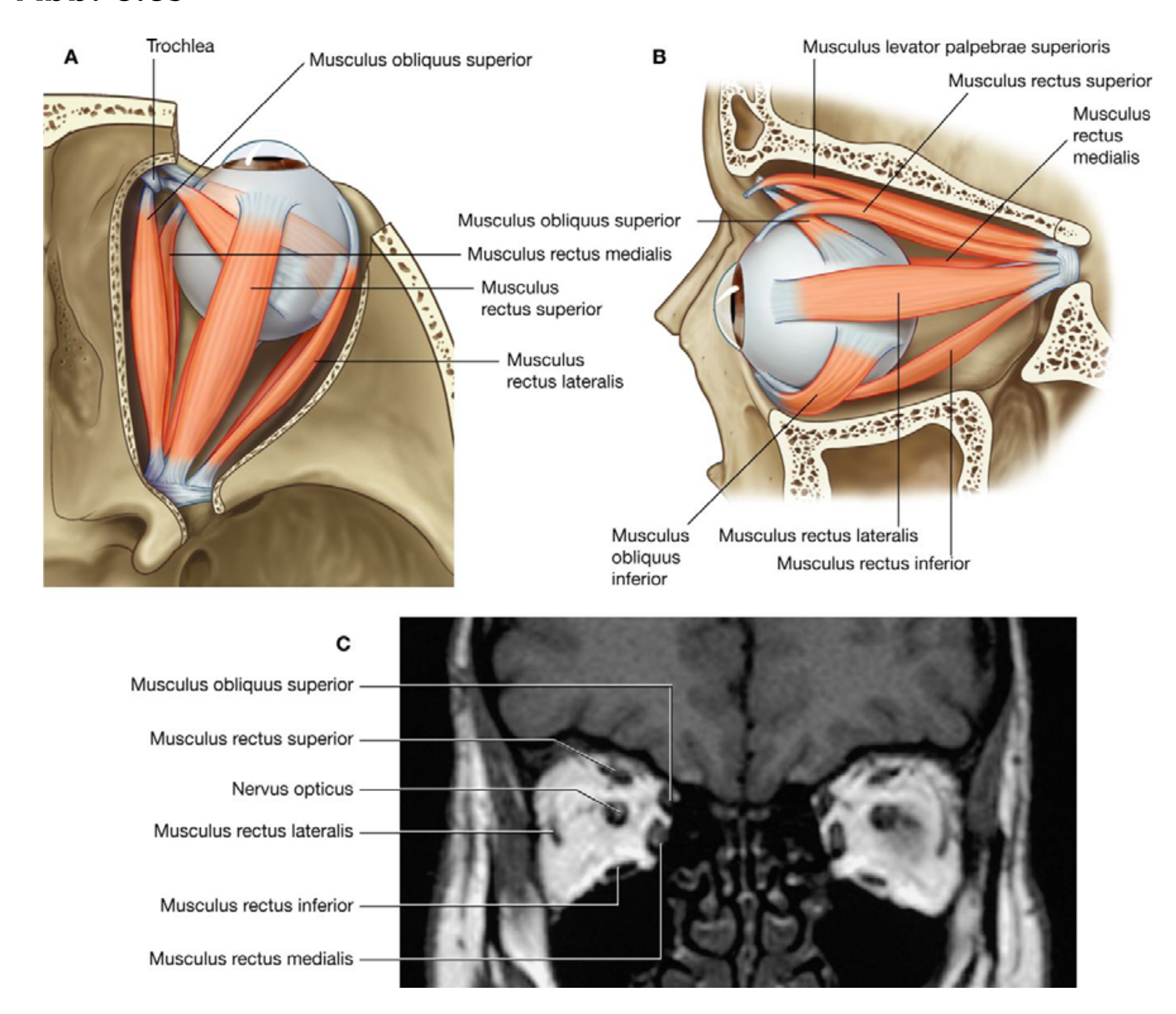
Zudem ist die Achse jeder Orbita von hinten nach vorn etwas nach lateral gerichtet; der Bulbus ist im Gegensatz dazu genau nach vorn ausgerichtet (Abb. 8.88). Daher führt die Kontraktion der meisten Muskeln zu mehreren Bewegungen des Augapfels; einzelne Muskeln führen nur eine Bewegung durch.

872

Tab. 8.8 Äußere Augenmuskeln (extraokuläre Muskulatur)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus levator palpebrae superioris	Ala minor ossis sphenoidalis vor dem Canalis opticus	Vorderfläche des Tarsus im Oberlid; einige Fasern zur Haut und zum Fornix conjunctivae	Nervus oculomotorius [III] – Ramus superior	Anheben des Oberlids
Musculus rectus superior	Oberer Abschnitt des Anulus tendineus communis	Oben auf der vorderen Hälfte des Bulbus oculi	Nervus oculomotorius [III] – Ramus superior	Anheben der Sehachse, Adduktion und Innenrotation des Bulbus
Musculus rectus inferior	Unterer Abschnitt des Anulus tendineus communis	Unten auf der vorderen Hälfte des Bulbus oculi	Nervus oculomotorius [III] – Ramus inferior	Absenken der Sehachse, Adduktion und Außenrotation des Bulbus
Musculus rectus medialis	Medialer Abschnitt des Anulus tendineus communis	Medial auf der vorderen Hälfte des Bulbus oculi	Nervus oculomotorius [III] – Ramus inferior	Adduktion des Bulbus
Musculus rectus lateralis	Lateraler Abschnitt des Anulus tendineus communis	Lateral auf der vorderen Hälfte des Augapfels	Nervus abducens [VI]	Abduktion des Bulbus
Musculus obliquus superior	Corpus ossis sphenoidalis, oberhalb und medial vom Canalis opticus	Äußerer hinterer Quadrant des Bulbus oculi	Nervus trochlearis [IV]	Absenken der Sehachse, Abduktion und Innenrotation des Bulbus
Musculus obliquus inferior	Medialer Abschnitt des Orbitabodens hinter dem Rand der Orbita; auf der Maxilla lateral des Sulcus lacrimalis	Äußerer hinterer Quadrant des Bulbus oculi	Nervus oculomotorius [III] – Ramus inferior	Anheben der Sehachse, Abduktion und Außenrotation des Bulbus

Abb. 8.89



Muskeln des Bulbus oculi. **A**. Ansicht von oben. **B**. Seitenansicht. **C**. Koronale Magnetresonanztomographie der Augenhöhlen.

(*Fortsetzung*) Muskeln des Bulbus oculi. **C**. Koronale Magnetresonanztomographie der Augenhöhlen.

873
874

Musculus levator palpebrae superioris

Der Musculus levator palpebrae superioris hebt das Oberlid an (Tab. 8.8). Er ist der am weitesten kranial gelegene Muskel der Orbita und entspringt am Dach, etwas vor dem Canalis opticus auf der Unterfläche der Ala minor des Os sphenoidale vor dem Anulus tendineus communis (Abb. 8.89B). Sein primärer Ansatzort ist die Vorderfläche des Tarsus superior. Einige Fasern strahlen in die Haut des Oberlids oder in die Fornix conjunctivae superior ein.

Die Innervation erfolgt über den Ramus superior des Nervus oculomotorius [III].

Kontraktion des Musculus levator palpebrae superioris bewirkt ein Anheben des Oberlids.

Von der Unterseite des Musculus levator palpebrae superioris verläuft der glatte Musculus tarsalis superior zum Oberrand des Tarsus superior (Abb. 8.71). Er trägt dazu bei, das Oberlid in der angehobenen Position zu halten. Der Musculus tarsalis superior wird von postganglionären sympathischen Fasern aus dem Ganglion cervicale superius innerviert.

Bei Funktionsverlust des Nervus oculomotorius [III] entsteht eine vollständige Ptose (Herabhängen des oberen Augenlids); im Rahmen einer Schädigung der sympathischen Innervation des Musculus tarsalis superior resultiert eine enge Lidspalte.

Klinik

Horner-Syndrom (Horner-Trias)

Das Horner-Syndrom entsteht durch eine Läsion des Truncus sympathicus im Halsbereich. Daraus resultiert eine sympathische Funktionsstörung. Die auch als Horner-Trias benannte Funktionsstörung ist durch drei typische Symptome charakterisiert:

- Pupillenverengung (Miosis) aufgrund einer Lähmung des Musculus dilatator pupillae
- enge Lidspalte („partielle Ptose“) aufgrund einer Lähmung des Musculus tarsalis superior
- Enophthalmus (Zurücksinken des Bulbus oculi) aufgrund eines Ausfalls des Musculus orbitalis (das Symptom kommt allerdings nur selten vor).

Sekundäre Veränderungen können sein:

- ipsilaterale Vasodilatation aufgrund des Verlusts der sympathischen Wirkung auf die subkutanen Blutgefäße
- Störungen der Schweißbildung auf der ipsilateralen Seite von Gesicht und Hals aufgrund des Innervationsverlusts der Schweißdrüsen.

Der Musculus orbitalis überbrückt die Fissura orbitalis inferior und zieht den Bulbus nach rostral.

Die häufigste Ursache eines Horner-Syndroms ist die Zerstörung des Ganglion cervicothoracicum (Ganglion stellatum) durch einen Tumor, in der Regel durch einen apikalen Lungentumor.

874

875

Chirurgisch induziertes Horner-Syndrom

Ein chirurgisch induziertes Horner-Syndrom kann bei Patienten vorkommen, die an einer schweren Hyperhidrose (übermäßiges Schwitzen) leiden. Eine Hyperhidrose beeinträchtigt die betroffenen Patienten häufig so stark, dass sie aus Angst vor peinlichen Erlebnissen das Haus nicht mehr verlassen. Die Therapie ist verhältnismäßig einfach und ziemlich raffiniert. Der Patient wird anästhesiert. Dann wird ihm ein gegabelter, separat belüftbarer Endotrachealtubus in den linken und rechten Hauptbronchus eingeführt. Im zweiten oder

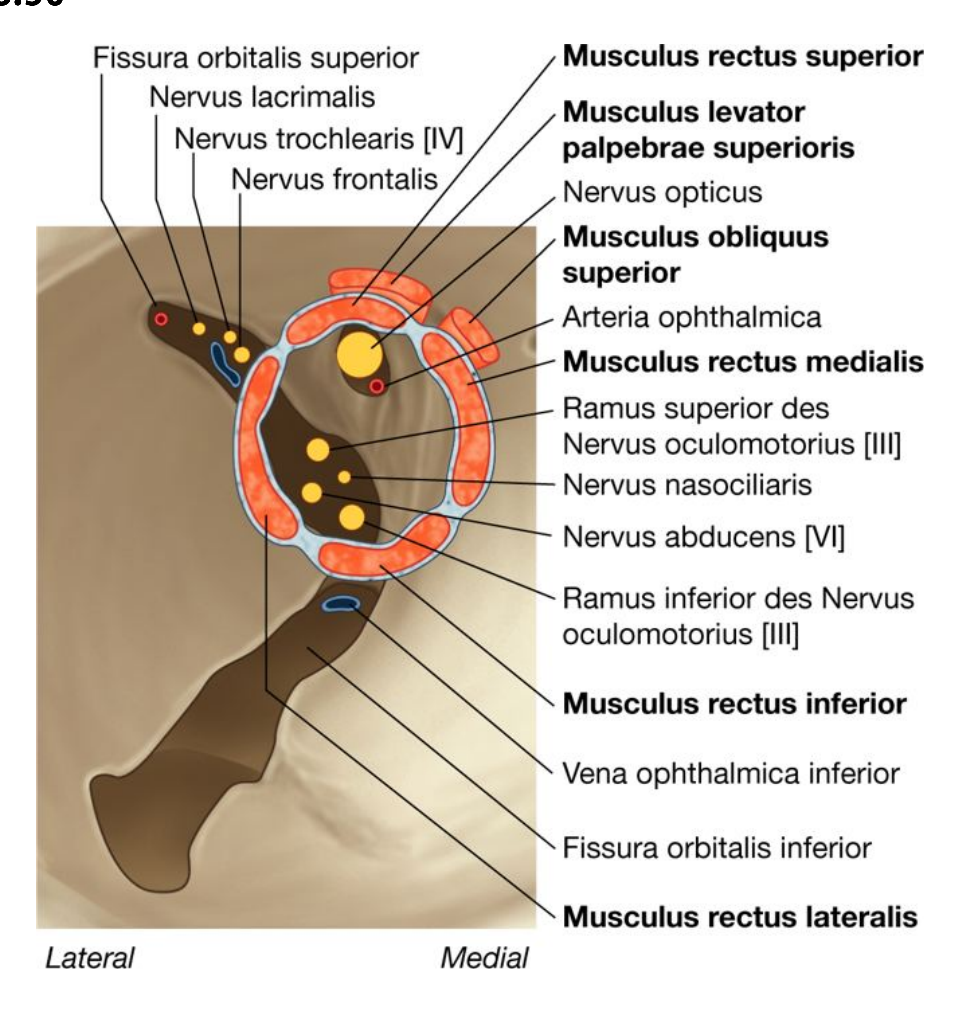
dritten Interkostalraum der betroffenen Seite wird ein tiefer Schnitt bis in den Pleuraspalt durchgeführt und so chirurgisch ein Pneumothorax auf der betroffenen Seite erzeugt. Der Patient wird in der Zwischenzeit über die kontralaterale Lunge beatmet.

Unter Zuhilfenahme eines Endoskops, das über den Brustwandschnitt in den Interkostalraum eingeführt wird, können die Lungenspitze von innen betrachtet und das Ganglion cervicothoracicum leicht lokalisiert werden. Möglichkeiten der Zerstörung sind eine Thermokoagulation oder die chirurgische Exzision des Ganglions. Nachdem das Ganglion zerstört ist, werden das Endoskop entfernt, die Lunge wieder aufgeblasen und das kleine Loch in der Brustwand durch eine Naht verschlossen. Das Schwitzen hat ein Ende.

Gerade Augenmuskeln

Die vier geraden Augenmuskeln verlaufen auf ihrem Weg vom dorsal gelegenen Ursprungsort zum Ansatz an der vorderen Hälfte (vor dem Äquator) des Bulbus oculi (Abb. 8.89 und Tab. 8.8) jeweils medial, lateral, inferior oder superior. Sie entspringen als Gruppe am Anulus tendineus communis (Zinn-Sehnenring) an der Spitze der Orbita und bilden, indem sie nach vorn zu ihrem Ansatz am Bulbus oculi ziehen, einen muskulären Kegel.

Abb. 8.90



Ursprünge der Muskeln des Bulbus oculi, Frontalschnitt.

Musculus rectus superior und Musculus rectus inferior

Die Musculi rectus superior und rectus inferior haben eine komplexe Wirkung auf den Bulbus, da die Spitze der Orbita, an der die Muskeln entspringen, medial der zentralen Bulbusachse liegt, der Bulbus aber gerade ausgerichtet ist (Abb. 8.90):

- Der **Musculus rectus superior** entspringt am oberen Abschnitt des Anulus tendineus communis oberhalb des Canalis opticus.
- Der **Musculus rectus inferior** entspringt am unteren Abschnitt des Anulus tendineus communis unterhalb des Canalis opticus.

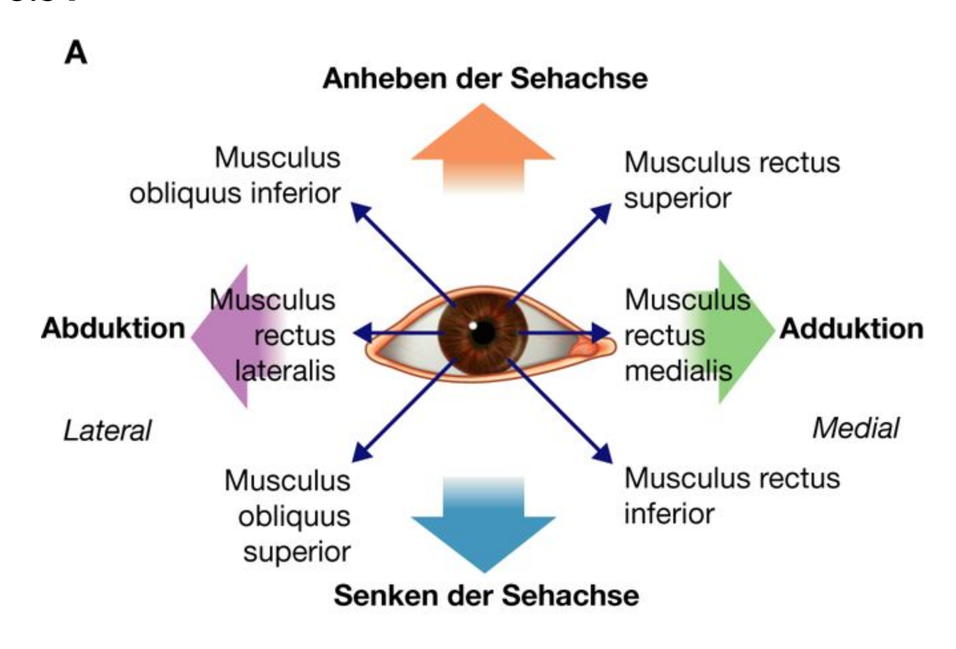
Beide Muskeln ziehen nicht nur gerade durch die Orbita nach vorn, um an der vorderen Hälfte des Bulbus oculi (vor dem Äquator) anzusetzen, sondern sie sind zusätzlich nach lateral gerichtet (Abb. 8.89). Aufgrund dieser Ausrichtung

- bewirkt die Kontraktion des Musculus rectus superior ein Anheben der Sehachse sowie eine Adduktion und Innenrotation des Bulbus (Abb. 8.91)
- bewirkt die Kontraktion des Musculus rectus inferior ein Herabsenken der Sehachse sowie eine Adduktion und Außenrotation des Bulbus (Abb. 8.91).

Der **Ramus superior** des Nervus oculomotorius [III] innerviert den Musculus rectus superior, der **Ramus inferior** des Nervus oculomotorius [III] innerviert den Musculus rectus inferior.

875

Abb. 8.91



B

Überprüfter Muskel	Bewegung
Musculus rectus superior	Blick nach lateral **oben**
Musculus rectus inferior	Blick nach lateral **unten**
Musculus rectus lateralis	Blick nach **lateral**
Musculus rectus medialis	Blick nach **medial**
Musculus obliquus inferior	Blick nach medial **oben**
Musculus obliquus superior	Blick nach medial **unten**

Funktionen der Muskeln des Bulbus oculi. **A**. Funktion der einzelnen Muskeln (anatomische Funktion). **B**. Bewegung des Auges beim Testen der einzelnen Muskeln (klinische Überprüfung).

Um die Funktion von Musculus rectus superior und Musculus rectus inferior zu überprüfen und um deren Wirkung isoliert zu betrachten, wird der Patient gebeten, mit seinem Blick dem Finger des Arztes zu den beiden Seiten sowie anschließend nach oben und nach unten zu folgen (Abb. 8.91). Die erste Bewegung sorgt dafür, dass die Achsen von Bulbus und Musculi recti superior und inferior gleich ausgerichtet sind. Das Bewegen des Fingers nach oben testet den Musculus rectus superior, Bewegung nach unten testet den Musculus rectus inferior.

Musculus rectus medialis und Musculus rectus lateralis

Die Ausrichtung und Funktion der Musculi recti medialis und lateralis sind einfacher als die der Musculi recti superior und inferior.

Der **Musculus rectus medialis** entspringt am medialen Abschnitt des Anulus tendineus communis unterhalb des Canalis opticus. Der **Musculus rectus lateralis** entspringt am lateralen Teil des Anulus tendineus communis in dem Bereich, in dem der Anulus die Fissura orbitalis superior überbrückt (Abb. 8.89).

Musculus rectus medialis und Musculus rectus lateralis ziehen nach vorn und setzen an der vorderen Hälfte des Augapfels (vor dem Äquator) an (Abb. 8.89). Die Kontraktion des Musculus rectus medialis adduziert den Bulbus, Kontraktion des Musculus rectus lateralis abduziert ihn.

Der Ramus inferior des Nervus oculomotorius [III] innerviert den Musculus rectus medialis; der Musculus rectus lateralis wird durch den Nervus abducens [VI] innerviert (Abb. 8.91).

Um die Wirkung von Musculus rectus medialis und Musculus rectus lateralis isoliert zu betrachten und um deren Funktion zu überprüfen, wird der Patient gebeten, dem Finger des Arztes nach medial und nach lateral in der Horizontalebene zu folgen.

Schräge Augenmuskeln

Die schrägen Augenmuskeln befinden sich im oberen und unteren Abschnitt der Orbita. Ihr Ursprung liegt nicht am Anulus tendineus communis. Sie besitzen in der Nähe des Bulbus eine nahezu rechteckige Form und setzen an der hinteren Hälfte (hinter dem Äquator) des Bulbus an (Tab. 8.8).

Musculus obliquus superior

Der Musculus obliquus superior entspringt am Corpus ossis sphenoidalis oberhalb und medial vom Canalis opticus und medial vom Ursprung des Musculus levator palpebrae superioris (Abb. 8.89 und 8.90). Er zieht am medialen Rand des Orbitadachs nach vorn, bis er eine bindegewebige Schlaufe **(Trochlea)** erreicht, die teilweise Faserknorpel enthält. Die Trochlea ist in der Fovea trochlearis des Os frontale verankert.

Der Musculus obliquus superior verjüngt sich kurz vor der Trochlea zu einer Zwischensehne, die durch die Trochlea tritt und von der Trochlea nach lateral abgelenkt wird (die Trochlea ist ein Hypomochlion). Nach der Umlenkung geht die Zwischensehne wieder in Muskulatur über. Der umgelenkte Muskel verläuft nun in posterolateraler Richtung über den Bulbus oculi und setzt hinter dem Äquator des Bulbus oben lateral an (äußerer hinterer Quadrant des Bulbus).

Eine Kontraktion des Musculus obliquus superior bewegt daher die Pupille nach unten und außen.

876

877

Der Nervus trochlearis [IV] innerviert den Musculus obliquus superior von dessen Oberfläche her.

Um die Wirkung des Musculus obliquus superior isoliert zu betrachten und den Muskel zu überprüfen, wird der Patient gebeten, dem Finger des Arztes nach medial zu folgen. So wird die Achse der Muskelsehne entsprechend der Achse des Bulbus ausgerichtet. Anschließend soll der Patient nach unten blicken. Dadurch wird die Muskelfunktion überprüft (Abb. 8.91).

Musculus obliquus inferior

Der Musculus obliquus inferior ist der einzige äußere Augenmuskel, der nicht im hinteren Teil der Orbita, sondern an der medialen Seite des Orbitabodens unmittelbar hinter dem Orbitarand entspringt. Hier ist der Muskel auf der Facies orbitalis der Maxilla unmittelbar neben dem Sulcus nasolacrimalis befestigt (Abb. 8.89).

Der Musculus obliquus inferior verläuft in posterolateraler Richtung zwischen Musculus rectus inferior und Boden der Orbita und inseriert am äußeren hinteren Quadranten (hinter dem Äquator) unmittelbar unterhalb des Musculus rectus lateralis.

Eine Kontraktion des Musculus obliquus inferior bewegt die Pupille nach oben und außen.

Der Musculus obliquus inferior wird vom Ramus inferior des Nervus oculomotorius [III] innerviert.

Um die Wirkung des Musculus obliquus inferior isoliert zu betrachten und seine Funktion zu überprüfen, wird der Patient aufgefordert, dem Finger des Arztes nach medial zu folgen. So wird die Achse des Bulbus oculi entsprechend der Achse des Muskels ausgerichtet. Anschließend soll der Patient nach oben blicken. Hierdurch wird die Muskelfunktion überprüft (Abb. 8.91).

Äußere Augenmuskeln und Bewegungen des Bulbus oculi

Sechs der sieben äußeren Augenmuskeln sind direkt an den Bewegungen des Bulbus oculi beteiligt.

Für jeden der geraden Augenmuskeln (Musculus rectus medialis, Musculus rectus lateralis, Musculus rectus inferior und Musculus rectus superior) sowie für die Musculi obliquus superior und obliquus inferior können spezifische Wirkungen und zum Teil mehrere Wirkungen benannt werden (Tab. 8.8). Die Muskeln sind jedoch nie isoliert tätig. Sie wirken als Muskelgruppen, um die Pupille durch koordinierte Bewegung des Bulbus in die gewünschte Position auszurichten.

So wird beispielsweise der Musculus rectus lateralis als Muskel, der in erster Linie für die Bewegung des Bulbus nach lateral verantwortlich ist, in seiner Funktion von den Musculi obliquus superior und obliquus inferior unterstützt.

Klinik

Untersuchung des Auges

Die Untersuchung des Auges umfasst die Bestimmung des Sehvermögens, die Funktionüberprüfung der äußeren Augenmuskeln sowie die Suche nach pathologischen Prozessen, die das Auge isoliert oder infolge eines systemischen Geschehens betreffen.

Zur Untersuchung des Auges gehören verschiedene Verfahren zur Überprüfung der Sehschärfe, eines Astigmatismus, der Sehfelder und der Farbwahrnehmung (um Farbenblindheit auszuschließen). Zusätzlich untersucht der Arzt die Retina, den Nervus opticus und seine Hüllen sowie die Linse und die Cornea.

Die äußeren Augenmuskeln werden durch die Nervi oculomotorius [III], trochlearis [IV] und abducens [VI] innerviert.

Die äußeren Augenmuskeln wirken synergistisch, um eine angemessene und konjugierte Augenbewegung zu gewährleisten.

- Musculus rectus lateralis – Nervus abducens [VI]
- Musculus obliquus superior – Nervus trochlearis [IV]
- Alle anderen Muskeln – Nervus oculomotorius [III].

Das Auge kann im Rahmen systemischer Erkrankungen betroffen sein. So kann es bei einem Diabetes mellitus typischerweise über einen kürzeren oder längeren Zeitraum zu einer Katarakt, einer Makulaerkrankung und zu Netzhautblutungen kommen. In allen drei Fällen ist das Sehen beeinträchtigt.

Gelegentlich tritt eine einseitige Lähmung der äußeren Augenmuskeln auf, die durch eine Hirnstammverletzung oder eine direkte Nervenschädigung, oft infolge einer Kompression durch einen Tumor oder durch ein Trauma, entsteht. Die Lähmung eines Muskels ist leicht erkennbar, wenn der Patient versucht, das Auge in die Richtung zu bewegen, in die der betroffene Muskel den Bulbus normalerweise bewegt. Typischerweise kommt es dabei zu Doppelbildern (Diplopie).

Innervationsverlust der das Auge umgebenden Muskeln

Die Lähmung des durch den Nervus facialis [VII] innervierten Musculus orbicularis oculi führt zur Unfähigkeit, die Augenlider zu schließen. Durch den Verlust der Grundspannung in den Lidern hebt sich das Unterlid, der Schwerkraft folgend, vom Bulbus ab (Ektropion); die Tränenflüssigkeit kann dadurch und aufgrund des fehlenden Lidschlags nicht mehr über die ableitenden Tränenwege abfließen, sie fließt aus dem Bindehautsack über den Lidrand und die Wange nach außen ab. Dies nennt man Epiphora, Tränenträufeln. Der fehlende Lidschlag führt zu Störungen des Tränenfilms. Sekundär kommt es zur Austrocknung der Augenoberfläche (trockenes Auge). Daraus können Augenoberflächeninfektionen, Ulzerationen sowie eine korneale Eintrübung mit Visusverlust (Sehkraftverlust) resultieren.

877

878

Die Lähmung des Musculus levator palpebrae superioris durch Verletzung des Nervus oculomotorius [III] macht das Anheben des Oberlids unmöglich. Es besteht somit eine Ptose. Obwohl bei einer Okulomotoriusparese die Musculi rectus superior, rectus medialis, rectus inferior und obliquus inferior ausfallen, hat der Patient im Gegensatz zur Abduzens- oder Trochlearisparese normalerweise keine Doppelbilder, da das herabhängende Augenlid die Pupille bedeckt und der Patient nur mit einem Auge sieht. Der Nervus oculomotorius [III] wird häufig bei schweren Kopfverletzungen geschädigt.

Die Lähmung des sympathisch innervierten Musculus tarsalis superior bewirkt eine konstant enge Lidspalte. Jede Schädigung am Truncus sympathicus kann dafür Ursache sein. Stets muss ein maligner apikaler Lungentumor in Betracht gezogen werden, da die enge Lidspalte im Rahmen eines Horner-Syndroms auftreten kann.

Gefäße

Arterien

Die arterielle Versorgung der Strukturen in der Orbita einschließlich des Bulbus oculi erfolgt durch die Arteria ophthalmica (Abb. 8.90), einen Ast der Arteria carotis interna. Die Arteria ophthalmica geht unmittelbar nach Eintritt der Arteria carotis interna in die Schädelhöhle als erster Ast ab und gelangt gemeinsam mit dem Nervus opticus durch den Canalis opticus in die Orbita.

In der Orbita liegt die Arteria ophthalmica zunächst unterhalb und lateral des Nervus opticus (Abb. 8.92). In ihrem Verlauf durch die Orbita nach vorn überkreuzt sie den Nervus opticus und zieht nach vorn zur medialen Seite der Orbita.

In der Orbita gibt die Arteria ophthalmica zahlreiche Äste ab:

- Die **Arteria lacrimalis** geht nahe der lateralen Seite des Nervus opticus von der Arteria ophthalmica ab und zieht nach vorn in den temporalen Bereich der Orbita zieht, um hier die Tränendrüse, die Muskeln, den Bulbus (über die Arteriae ciliares

anteriores) und den lateralen Anteil von Ober- und Unterlid (Arteria palpebralis lateralis) mit Blut zu versorgen.

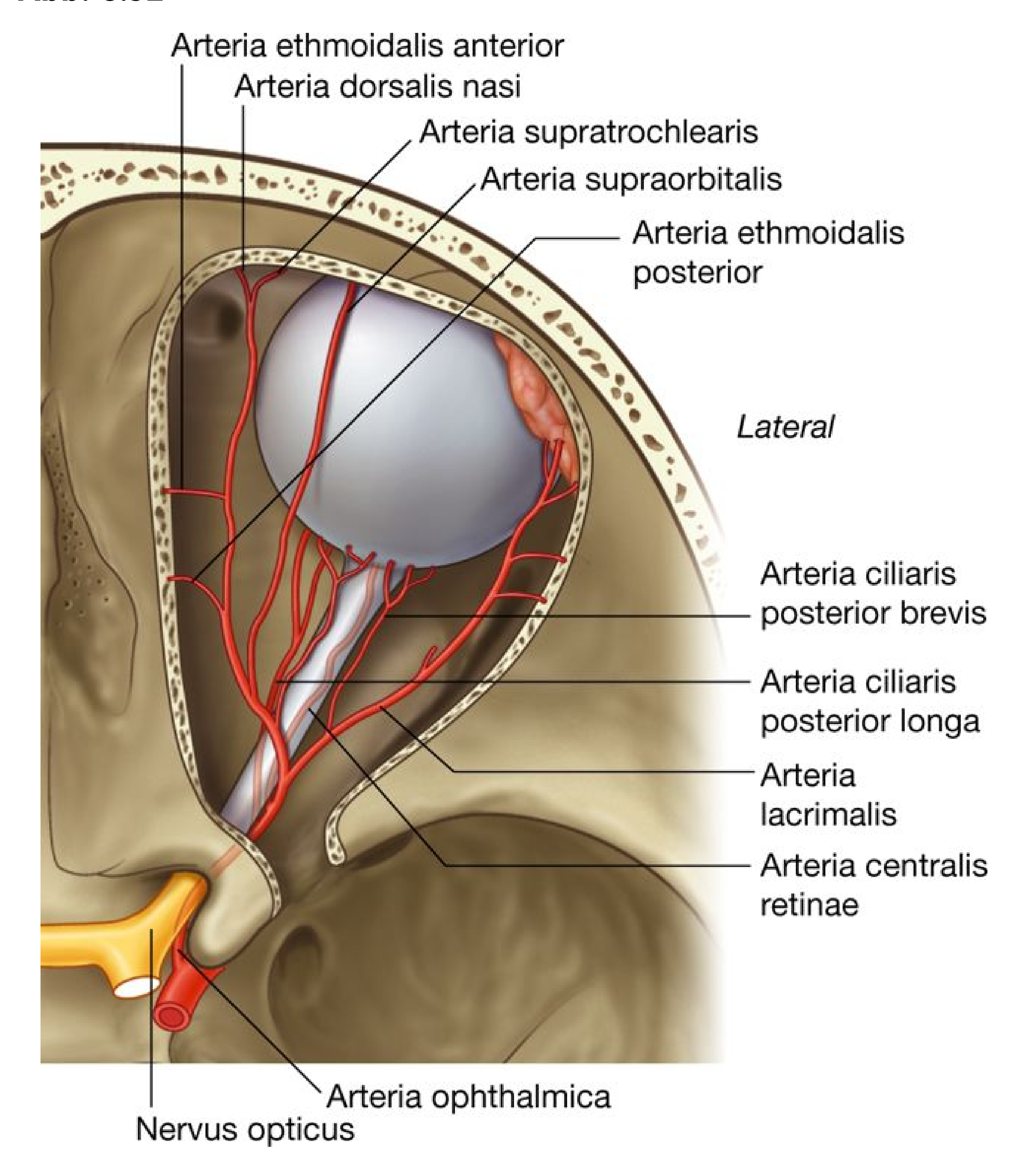
- Die **Arteria centralis retinae** tritt im intrakonalen Bereich (zwischen den geraden Augenmuskeln) in den Nervus opticus ein, zieht in dessen Zentrum zur Retina und ist zudem beim Betrachten der Retina durch den Augenspiegel gut erkennbar ist. *Der Verschluss dieses kleinen Gefäßes oder seiner Stammarterie führt zur Erblindung*.
- Bei den **Arteriae ciliares posteriores** und **breves** handelt es sich um Äste zur Versorgung von Strukturen, die innerhalb des Bulbus lokalisiert sind. Die Arterien treten von dorsal in den Bulbus oculi ein; hierzu durchbrechen sie die Sclera.
- Die **Arteriae musculares** sind Äste zur Versorgung der inneren Augenmuskeln im Bulbus.
- Die **Arteria supraorbitalis** geht normalerweise aus der Arteria ophthalmica ab, unmittelbar nachdem diese den Nervus opticus überkreuzt hat. Anschließend zieht sie weiter nach vorn und verlässt die Orbita zusammen mit dem Nervus supraorbitalis durch das Foramen supraorbitale. Sie führt Blut zur Stirn und zur Kopfschwarte bis zum Scheitel des Schädels.
- Die **Arteria ethmoidalis posterior** verlässt die Orbita durch das Foramen ethmoidale posterius und dient der Blutversorgung von Cellulae ethmoidales und hinterem oberem Anteil der Nasenhöhle.
- Die **Arteria ethmoidalis anterior** verlässt die Orbita durch das Foramen ethmoidale anterius. Sie gibt beim Eintritt in die Schädelhöhle den Ramus meningeus anterior ab und zieht weiter zur Nasenhöhle. Hier versorgt sie den oberen Abschnitt des Nasenseptums, die Seitenwand und vordere Siebbeinzellen (Cellulae ethmoidales anteriores) mit Blut. Sie mündet in die Arteria dorsalis nasi (Endast der Arteria ophthalmica) ein.
- Die **Arteriae palpebrales mediales** sind kleine Äste zur Versorgung des medialen Abschnitts von oberem und unterem Augenlid.
- Die **Arteria dorsalis nasi**, die einen der zwei Endäste der Arteria ophthalmica darstellt, verlässt die Orbita um die Oberfläche der Nase zu versorgen.

878

879

- Die **Arteria supratrochlearis** ist der zweite Endast der Arteria ophthalmica. Sie verlässt die Orbita zusammen mit dem Nervus supratrochlearis und versorgt auf ihrem Weg nach oben die Stirn.

Abb. 8.92



Arterielle Blutversorgung von Orbita und Bulbus oculi.

Venen

Die Orbita besitzt zwei große venöse Blutleiter, die Vena ophthalmica superior und die Vena ophthalmica inferior (Abb. 8.93).

Die **Vena ophthalmica superior** beginnt in Form von Verbindungsvenen, die von den Venae supraorbitalis und angularis kommen und sich vereinigen. Die Vena ophthalmica superior zieht durch den oberen Anteil der Orbita. In ihrem Verlauf nimmt sie Blut aus allen Venen

auf, die hier mit den Arterien verlaufen. Dorsal verlässt sie die Orbita durch die Fissura orbitalis superior und mündet in den Sinus cavernosus.

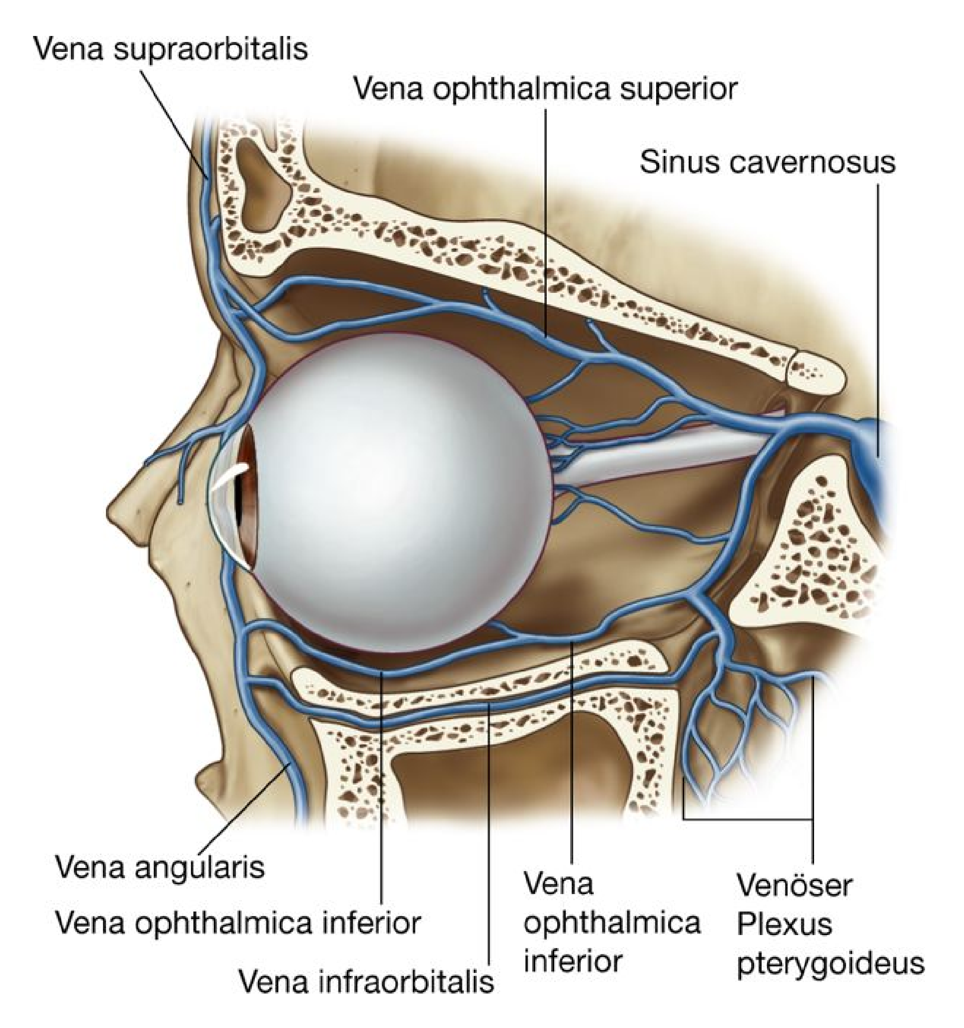
Die **Vena ophthalmica inferior** ist normalerweise kleiner als die Vena ophthalmica superior, beginnt vorn und durchzieht den unteren Teil der Orbita. Sie erhält auf ihrem Weg durch die Augenhöhle zahlreiche Zuflüsse von den Muskeln und allen Strukturen des hinteren unteren Abschnitts.

Die Vena ophthalmica inferior verlässt die Orbita dorsal, indem sie

- sich mit der Vena ophthalmica superior vereinigt
- eigenständig durch die Fissura orbitalis superior zieht und in den Sinus cavernosus mündet oder
- durch die Fissura orbitalis inferior tritt, um in den venösen Plexus pterygoideus in der Fossa infratemporalis zu münden.

Da die Venae ophthalmicae mit dem Sinus cavernosus kommunizieren, stellen sie einen möglichen Weg für Infektionen dar, die von außen in das Schädelinnere übertreten können.

Abb. 8.93



Venöser Abfluss von Orbita und Bulbus oculi.

Innervation

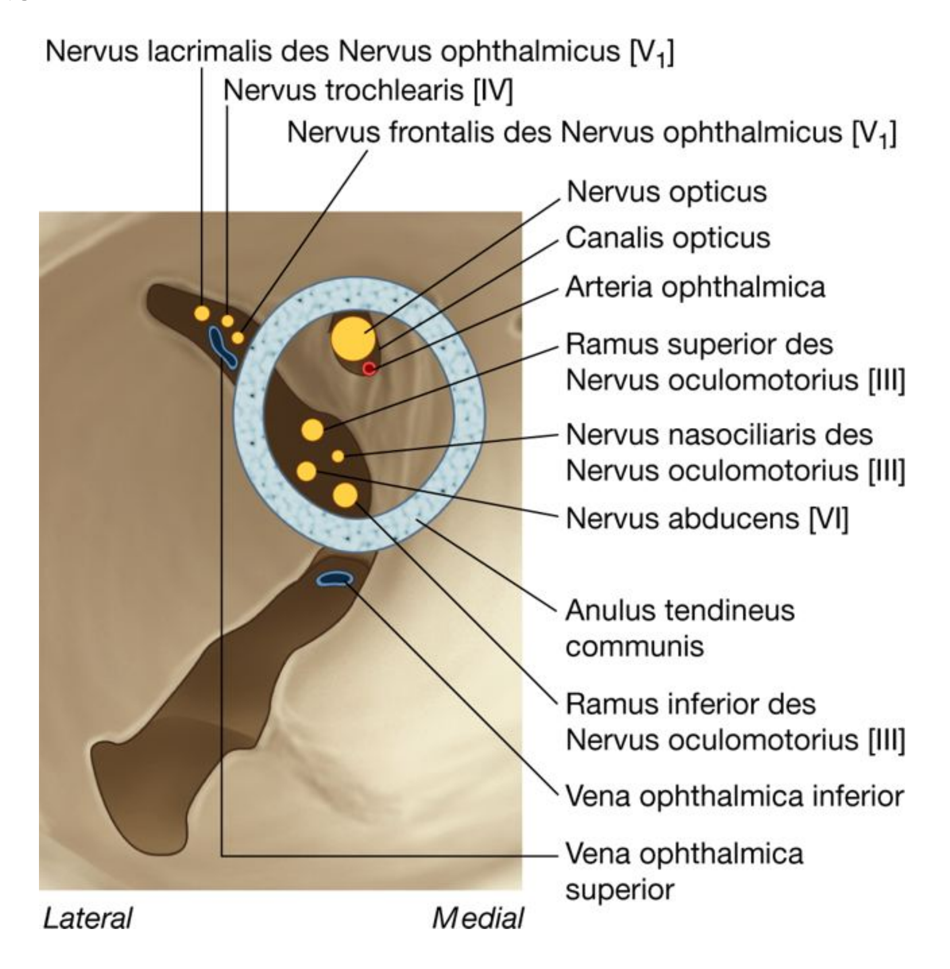
Zahlreiche Nerven ziehen zur Orbita und innervieren die innerhalb ihrer knöchernen Wände liegenden Strukturen. Dazu gehören der Nervus opticus [II], der Nervus oculomotorius [III], der Nervus trochlearis [IV], der Nervus abducens [VI] sowie Nervenfasern des autonomen Nervensystems. Andere Nerven, wie z.B. der Nervus ophthalmicus [V_1], innervieren Strukturen der Orbita und verlassen danach die Orbita, um weitere Gebiete zu innervieren.

Nervus opticus

Der Nervus opticus [II] ist kein Hirnnerv im eigentlichen Sinne, sondern eine Ausstülpung des Gehirns, die afferente Fasern aus der Retina zu Zentren des visuellen Systems im Gehirn leitet. Der Nervus opticus ist von den drei Hirnhäuten umgeben und besitzt einen Subarachnoidalraum, der sich vorn bis zum Eintritt des Nervs in den Bulbus erstreckt.

Jede Erhöhung des intrakraniellen Hirndrucks bewirkt deshalb auch eine Erhöhung des Drucks im Subarachnoidalraum um den Nervus opticus. Die Druckerhöhung verschlechtert 879 *den venösen Rückfluss über die Venae retinae. Es resultiert ein Ödem des Discus nervi optici,* 880 *das bei der Spiegelung des Augenhintergrundes als „Stauungspapille“ imponiert.*

Abb. 8.94



Innervation von Orbita und Bulbus oculi.

Der Nervus opticus verlässt die Orbita über den Canalis opticus (Abb. 8.94). Der Nerv wird im Canalis opticus von der Arteria ophthalmica begleitet.

Nervus oculomotorius

Der Nervus oculomotorius [III] verlässt den vorderen Abschnitt des Hirnstamms zwischen Mesencephalon und Pons. Er zieht in der lateralen Wand des Sinus cavernosus nach rostral.

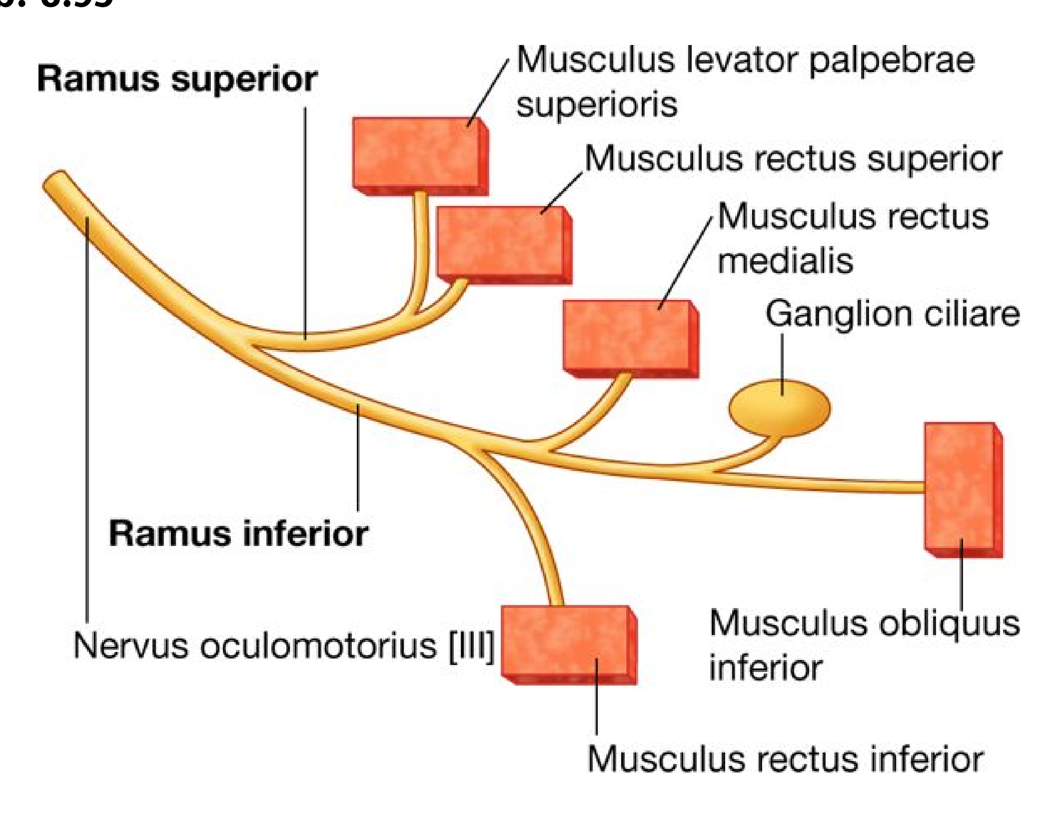
Unmittelbar vor seinem Eintritt in die Orbita teilt sich der Nervus oculomotorius [III] in obere und untere Äste auf (Abb. 8.95). Die Äste treten über die Fissura orbitalis superior in die Orbita und ziehen dabei durch den Anulus tendineus communis (Abb. 8.94).

Innerhalb der Orbita verläuft der kleine Ramus superior an der lateralen Seite des Nervus opticus nach kranial, um die Musculi rectus superior und levator palpebrae superioris zu innervieren (Abb. 8.95).

Der größere Ramus inferior teilt sich in drei Äste auf:

- Der erste Ast verläuft unterhalb des Nervus opticus zur medialen Seite der Orbita und innerviert den Musculus rectus medialis.
- Der zweite Ast zieht nach kaudal und innerviert den Musculus rectus inferior.
- Der dritte Ast verläuft abwärts und auf dem Boden der Orbita nach vorn, um den Musculus obliquus inferior zu innervieren.

Abb. 8.95



Nervus oculomotorius [III] und seine Äste.

Auf seinem Weg nach unten gibt der dritte Ast einen **Ast zum Ganglion ciliare** ab. Hierbei handelt es sich um die parasympathische Wurzel des Ganglion ciliare. Sie führt präganglionäre parasympathische Fasern, die im Ganglion ciliare auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet werden. Die postganglionären Fasern werden über die Nervi ciliares posteriores breves zum Auge geführt und dienen der Innervation des Musculus sphincter pupillae und des Musculus ciliaris.

Nervus trochlearis

Der Nervus trochlearis [IV] entspringt am hinteren Abschnitt des Mesencephalons und zieht um den Hirnstamm herum nach vorn. Hier tritt er in den Vorderrand des Tentorium cerebelli ein. Er verläuft intradural zur lateralen Wand des Sinus cavernosus weiter und durchquert den Sinus cavernosus anschließend unmittelbar unterhalb des Nervus oculomotorius [III].

Unmittelbar bevor er die Orbita erreicht, steigt der Nervus trochlearis [IV] nach oben auf, überkreuzt dabei den Nervus oculomotorius [III] und tritt durch die Fissura orbitalis superior oberhalb des Anulus tendineus communis in die Orbita ein (Abb. 8.94). In der Orbita zieht er nach oben, biegt nach medial um, zieht dabei über den Musculus levator palpebrae superioris hinweg und dringt von oben in den Musculus obliquus superior ein (Abb. 8.96).

Nervus abducens

Der Nervus abducens [VI] tritt zwischen Pons und Medulla oblongata aus dem Hirnstamm aus. Er tritt auf dem Clivus in die Dura ein und verläuft in einem intraduralen Kanal bis zum Sinus cavernosus.

880

Der Nervus abducens durchquert den Sinus cavernosus lateral von der Arteria carotis interna. Anschließend gelangt er über die Fissura orbitalis superior in die Orbita und zieht durch den Anulus tendineus communis (Abb. 8.94). In der Orbita verläuft er nach lateral und innerviert den Musculus rectus lateralis.

881

Postganglionäre sympathische Fasern

Die präganglionären sympathischen Fasern kommen aus den oberen Segmenten des Thorakalmarks, vor allem aus dem Segment Th1. Sie gelangen über den Ramus communicans albus zum Truncus sympathicus und steigen im Grenzstrang zum **Ganglion cervicale superius** auf. Hier werden sie auf postganglionäre sympathische Neurone umgeschaltet.

Die postganglionären sympathischen Fasern verlaufen mit der Arteria carotis interna und deren Ästen.

Die postganglionären sympathischen Fasern zur Orbita ziehen mit der Arteria ophthalmica in die Orbita und erreichen mit den Ästen der Arteria ophthalmica den Bulbus:

- Einige ziehen ohne Umschaltung durch das Ganglion ciliare hindurch und schließen sich den Nervi ciliares breves an, die vom Ganglion zum Bulbus oculi verlaufen.

- Andere ziehen mit den Nervi ciliares longi zum Bulbus.

Innerhalb des Bulbus oculi innervieren die postganglionären sympathischen Fasern den Musculus dilatator pupillae.

Nervus ophthalmicus [V1]

Der Nervus ophthalmicus [V_1] ist der kleinste und am weitesten kranial verlaufende Hauptast des Nervus trigeminus. Der rein sensible Nerv leitet Afferenzen intraorbitaler Strukturen sowie aus dem Gesicht und von der Kopfschwarte.

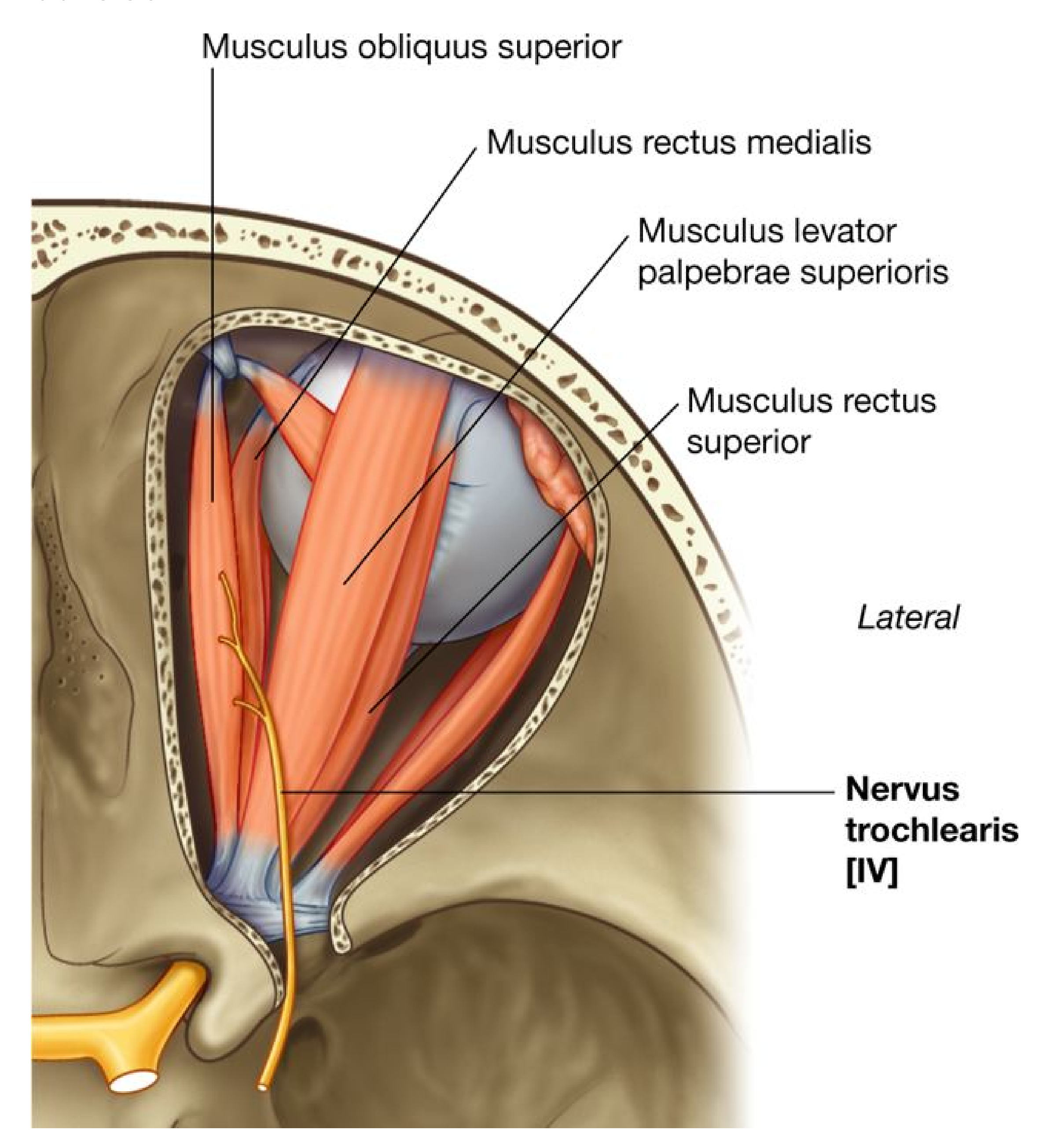
Nachdem der Nervus ophthalmicus [V_1] das Ganglion trigeminale verlassen hat, zieht er kaudal von Nervus trochlearis [IV] und Nervus oculomotorius [III] durch die laterale Wand des Sinus cavernosus nach vorn. Unmittelbar vor Eintritt in die Orbita teilt er sich in drei Äste auf – den Nervus nasociliaris, den Nervus lacrimalis und den Nervus frontalis (Abb. 8.97). Die Äste erreichen die Orbita über die Fissura orbitalis superior. Dabei verlaufen der Nervus frontalis und der Nervus lacrimalis außerhalb des Anulus tendineus communis; der Nervus nasociliaris tritt durch den Sehnenring hindurch (Abb. 8.94).

Nervus lacrimalis

Der Nervus lacrimalis ist der kleinste der drei Äste des Nervus ophthalmicus [V_1]. Nach seinem Durchtritt durch die Fissura orbitalis superior zieht er auf dem Oberrand des Musculus rectus lateralis nach vorn (Abb. 8.98). Er nimmt einen Ast vom Nervus zygomaticotemporalis auf, der parasympathische und sympathische postganglionäre Fasern für die Tränendrüse enthält.

Nach Erreichen des anterolateralen Abschnitts der Orbita innerviert der Nervus lacrimalis die Tränendrüse, die Konjunktiva und den lateralen Abschnitt des oberen Augenlids sensibel.

Abb. 8.96



Nervus trochlearis [IV] in der Orbita.

Nervus frontalis

Der Nervus frontalis ist der größte Ast des Nervus ophthalmicus [V_1]. Er führt sensible Afferenzen von Gebieten außerhalb der Orbita. Nach Durchtritt durch die Fissura orbitalis superior zieht er zwischen Musculus levator palpebrae superioris und Periorbita des Orbitadachs nach vorn (Abb. 8.94). Etwa in der Mitte der Orbita teilt er sich in seine zwei Endäste – Nervus supraorbitalis und Nervus supratrochlearis – auf (Abb. 8.97 und 8.98):

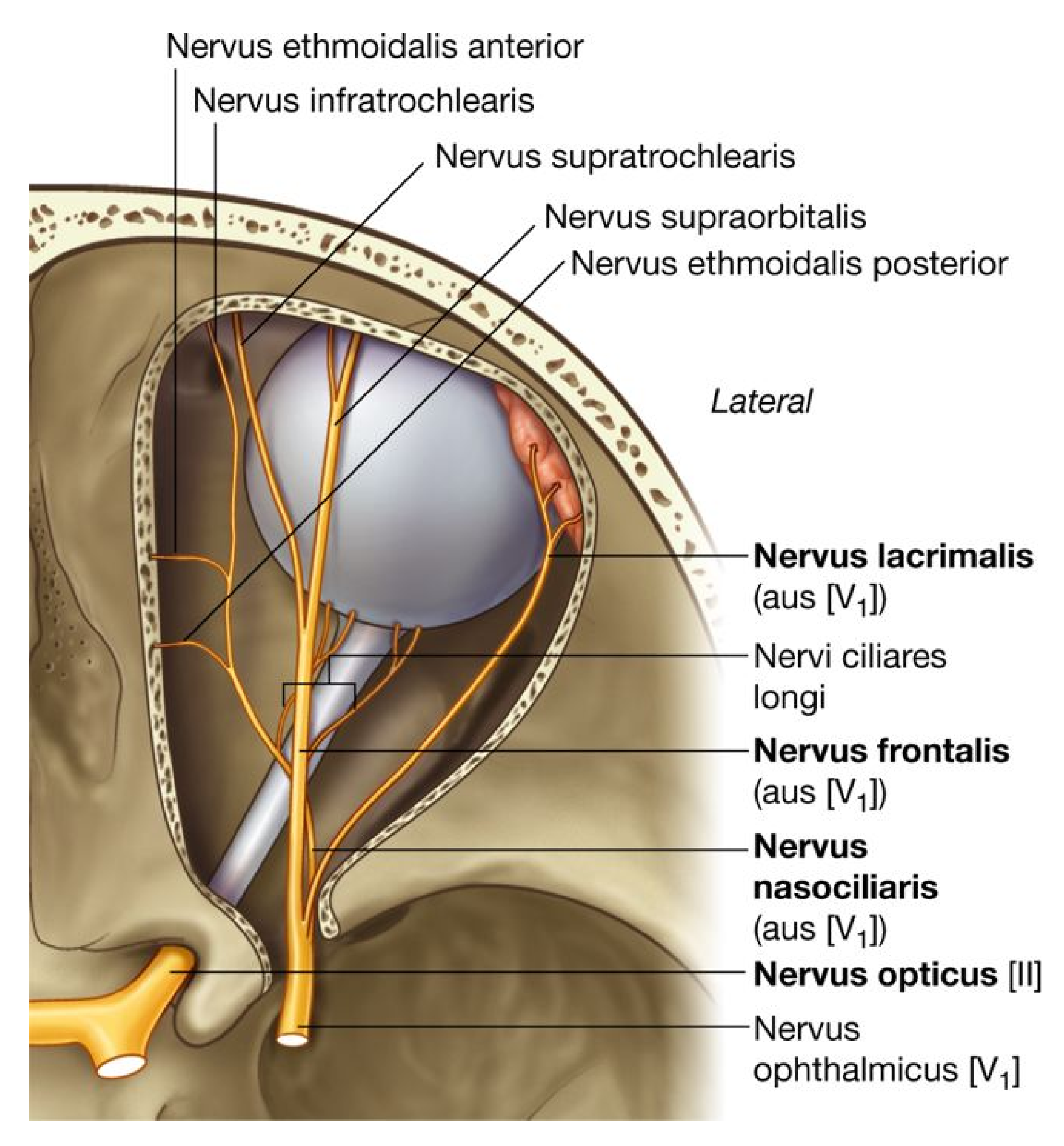
- Der Nervus supratrochlearis verläuft in anteromedialer Richtung weiter nach vorn, passiert die Trochlea von oben, verlässt die Orbita medial des Foramen supraorbitale

und innerviert die Konjunktiva und die Haut des Oberlids sowie den unteren medialen Bereich der Stirn sensibel.

- Der Nervus supraorbitalis ist der größere der beiden Äste. Er zieht nach vorn, verläuft dabei zwischen Musculus levator palpebrae superioris und Periorbita des Orbitadachs (Abb. 8.98), verlässt die Orbita durch die Incisura supraorbitalis (oder einen kurzen knöchernen Kanal – Foramen supraorbitale), zieht über Stirn und Kopfschwarte nach kranial und nimmt dabei Afferenzen aus dem Oberlid, der Konjunktiva, der Stirn und der vorderen Hälfte der Kopfschwarte bis zum Scheitel auf.

881
882

Abb. 8.97



Nervus ophthalmicus [V_1] und seine Äste.

Nervus nasociliaris

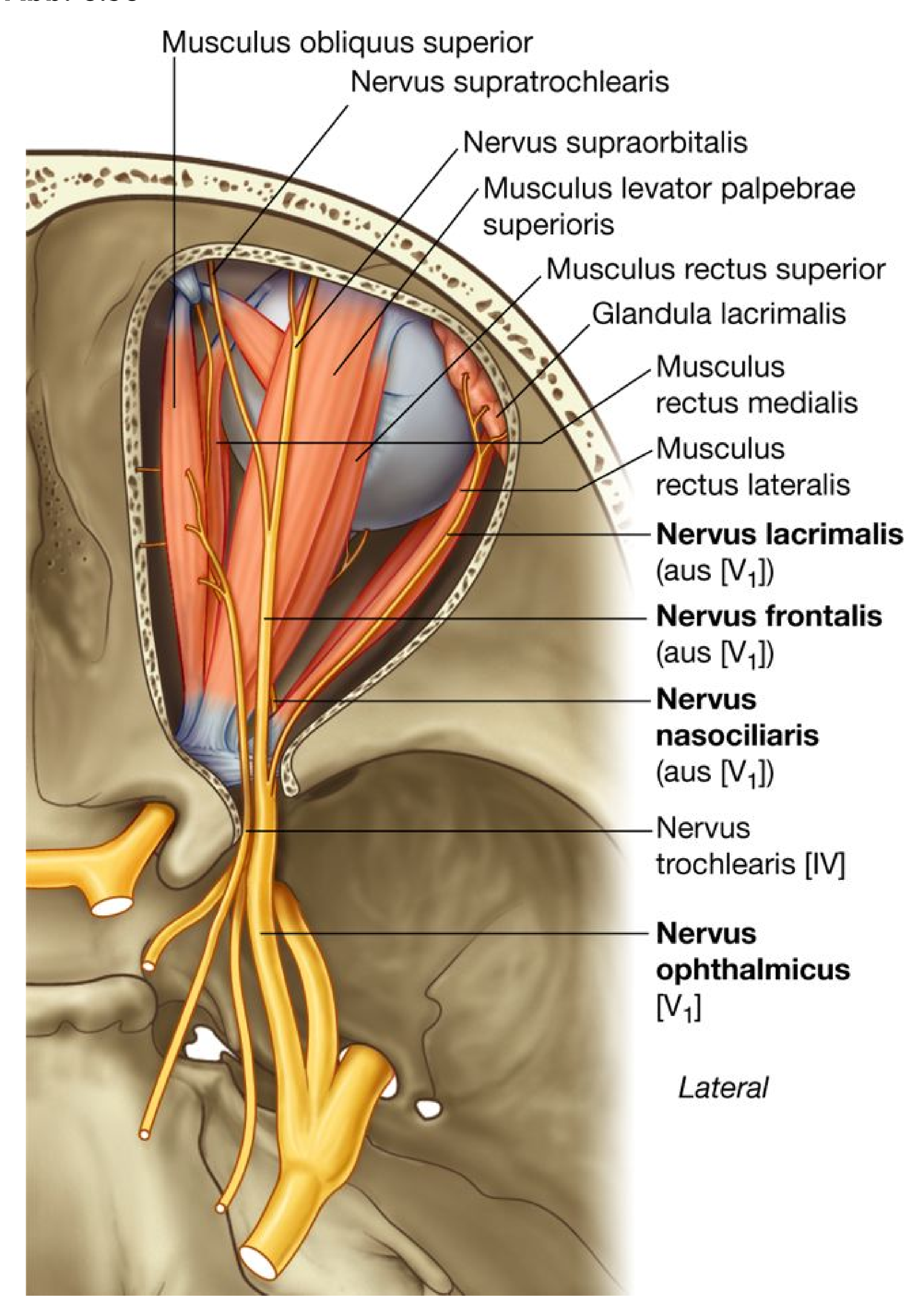
Der Nervus nasociliaris liegt von seinem Durchmesser her zwischen Nervus frontalis und Nervus lacrimalis. Er ist normalerweise der erste Ast des Nervus ophthalmicus (Abb. 8.97) und verläuft in der Orbita am weitesten kaudal. Er tritt zwischen Ramus superior und Ramus inferior des Nervus oculomotorius [III] durch den Anulus tendineus communis (Abb. 8.94).

Nach Erreichen der Orbita überkreuzt der Nervus nasociliaris die Oberfläche des Nervus opticus und verläuft dabei unterhalb des Musculus rectus superior in mediale Richtung (Abb. 8.97 und 8.99). In seinem ersten Verlaufsabschnitt gibt er einen Ast, den **Ramus communicans cum ganglio ciliari (sensible Wurzel des Ganglion ciliare)** ab.

Der Nervus nasociliaris setzt seinen Weg nach vorn auf dem medialen Rand des Musculus rectus medialis fort und gibt dabei weitere Äste ab. Dazu gehören:

- die **Nervi ciliares longi**, die sensible Fasern zum Bulbus oculi, aber z. T. auch sympathische Fasern für den Musculus dilatator pupillae führen
- der **Nervus ethmoidalis posterior**, der die Orbita durch das Foramen ethmoidale posterius verlässt, um die hinteren Siebbeinzellen (Cellulae ethmoidales posteriores) und den Sinus sphenoidalis sensibel zu innervieren
- der **Nervus infratrochlearis**, der den medialen Bereich des Ober- und des Unterlids, die Stirn und die obere Hälfte der Nase sensible innerviert
- fer **Nervus ethmoidalis anterior**, der die Orbita durch das Foramen ethmoidale anterius verlässt und der sensiblen Innervation der vordereren Schädelgrube, der Nasenhöhle und der Haut der unteren Nasenhälfte dient (Abb. 8.87 und 8.99).

Abb. 8.98



Beziehung des Nervus ophthalmicus [V_1] und seiner Äste zu den Muskeln des Bulbus oculi.

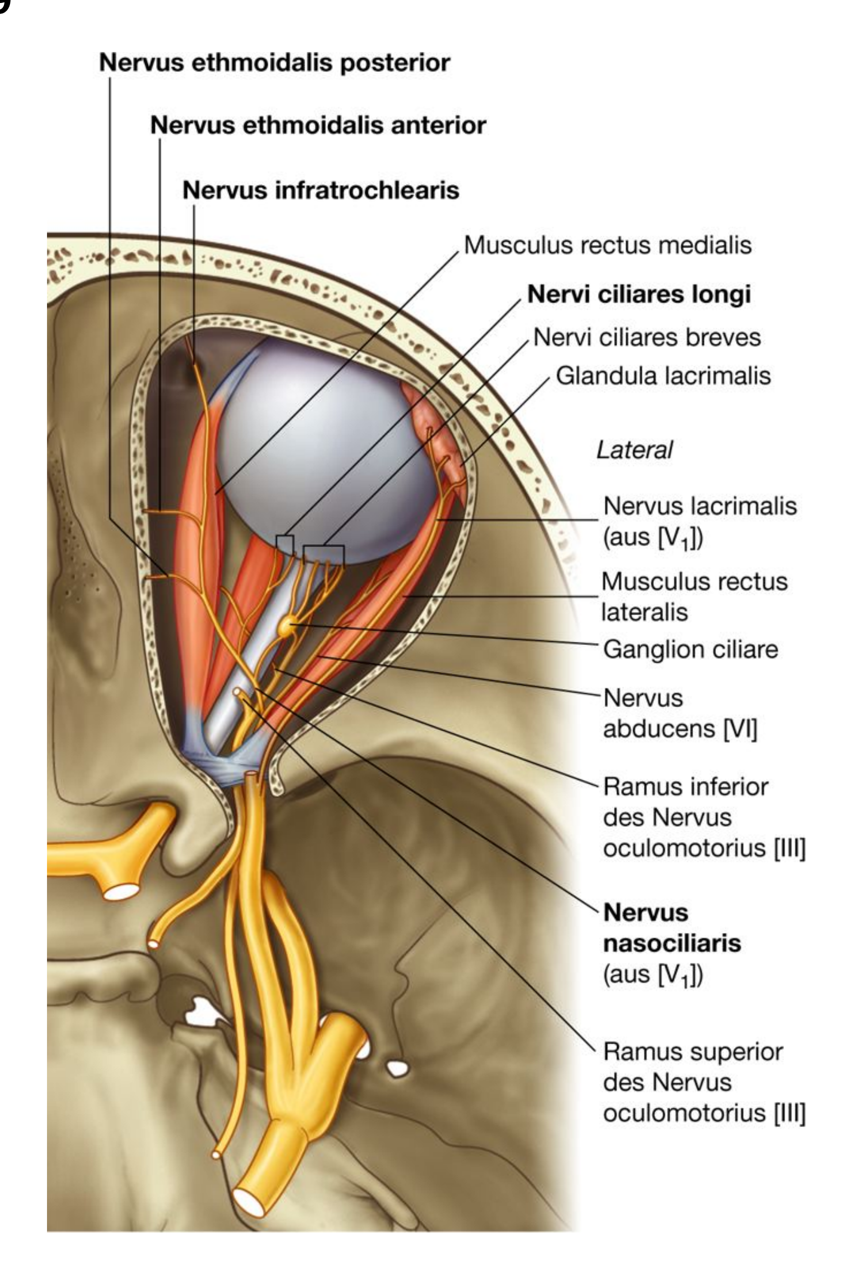
Ganglion ciliare

Das Ganglion ciliare ist ein parasympathisches Ganglion des Nervus oculomotorius [III]. Es ist mit dem Nervus nasociliaris aus dem Nervus ophthalmicus [V_1] assoziiert und ist der Ort, an dem präganglionäre parasympathische auf postganglionäre parasympathische Neurone auf ihrem Weg zum Bulbus umgeschaltet werden. Durch das Ganglion ciliare ziehen außerdem postganglionäre sympathische Fasern und sensible Fasern für das Auge.

Das Ganglion ciliare ist ein sehr kleines Ganglion, das im hinteren Teil der Orbita unmittelbar lateral des Nervus opticus und zwischen Nervus opticus und Musculus rectus lateralis liegt (Abb. 8.99). Normalerweise wird es von mindestens zwei, z. T. auch drei Ästen oder Wurzeln anderer Nerven der Orbita erreicht.

882
883

Abb. 8.99



Verlauf des Nervus nasociliaris in der Orbita.

Parasympathische Wurzel

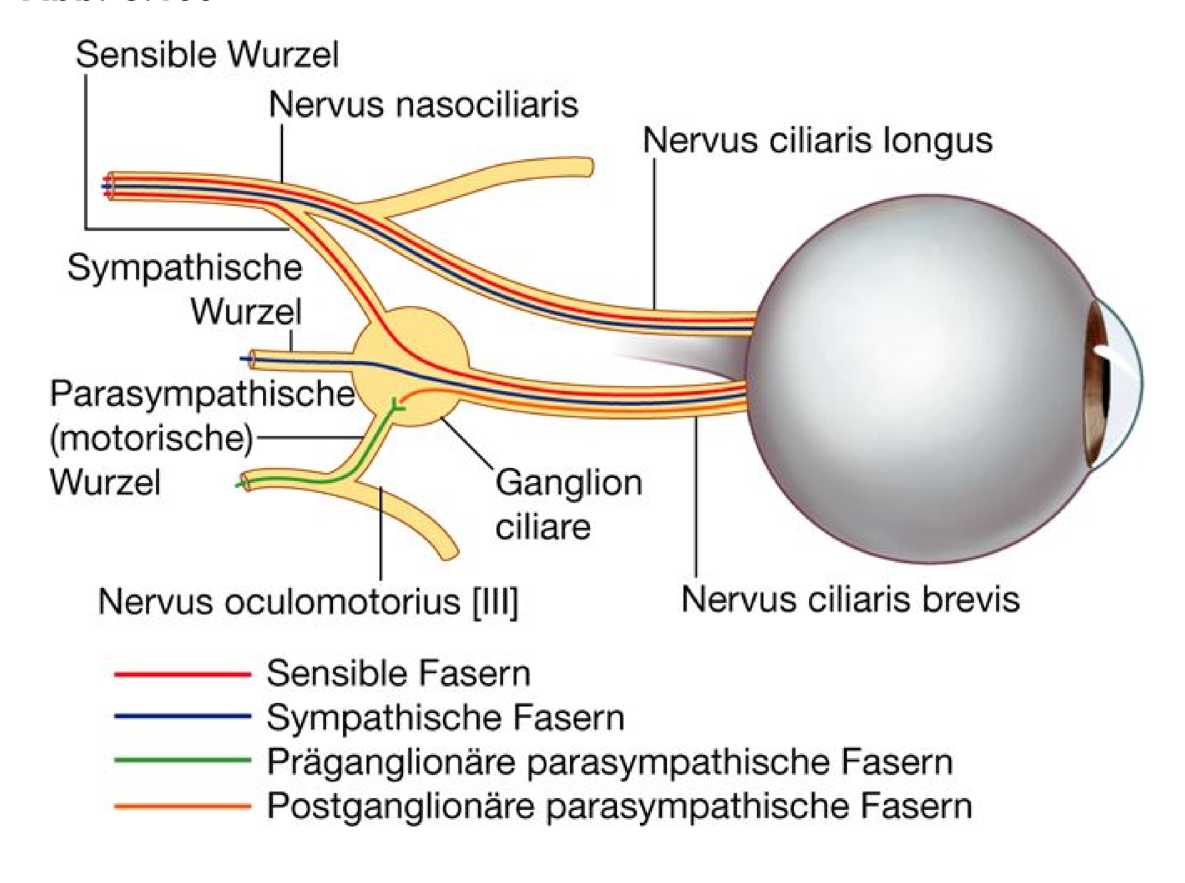
Auf seinem Weg durch den Bereich, in dem sich das Ganglion ciliare befindet, gibt der Nervus oculomotorius [III] einen Ast an das Ganglion ab (die parasympathische Wurzel). Der parasympathische Ast führt präganglionäre parasympathische Fasern, die in das Ganglion eintreten und dort auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet werden (Abb. 8.100).

Die postganglionären parasympathischen Fasern verlassen das Ganglion über die Nervi ciliares breves, die in den hinteren Abschnitt des Bulbus oculi um den Nervus opticus herum eindringen.

Im Bulbus oculi innervieren die parasympathischen Fasern

- den Musculus sphincter pupillae für eine Miosis (Pupillenverengung)
- den Musculus ciliaris für die Nahakkomodation der Linse.

Abb. 8.100



Ganglion ciliare.

Sensible Wurzel

Der zweite Ast (die sensible Wurzel) zieht vom Nervus nasociliaris zum Ganglion ciliare (Abb. 8.100). Der Ast tritt an der Rückseite in das Ganglion ein. Er leitet sensible Fasern,

die durch das Ganglion treten. Die Fasern gehören zu sensiblen Neuronen des gesamten Bulbus oculi, die dorsal aus dem Bulbus austreten und als Nervi ciliares breves zum Ganglion ciliare gelangen.

Sympathische Wurzel

Der dritte Ast zum Ganglion ciliare ist sehr variabel. Ist der Ast vorhanden, bildet er die sympathische Wurzel. Sie führt postganglionäre sympathische Fasern aus dem Ganglion cervicale superius (Abb. 8.100). Die Fasern verlaufen als Geflecht um die Arteria carotis interna nach kranial, verlassen im Sinus cavernosus den Plexus und gelangen mit der Arteria ophthalmica durch den Canalis opticus in die Orbita. Hier treten sie durch den Anulus tendineus communis. In der Orbita dringen sie von dorsal in das Ganglion ciliare ein, durchqueren es ohne Umschaltung und verlaufen weiter in den Nervi ciliares breves zum Bulbus oculi.

Die sympathischen Fasern erreichen nicht immer als separater Ast das Ganglion. Die postganglionären sympathischen Fasern können sich auch nach Verlassen des Plexus um die Arteria carotis interna im Sinus cavernosus dem Nervus ophthalmicus [V_1] anschließen und über die sensible Wurzel des Nervus nasociliaris das Ganglion ciliare erreichen.

Unabhängig vom eingeschlagenen Weg erreichen die postganglionären sympathischen Fasern den Bulbus oculi und innervieren den Musculus dilatator pupillae.

883

884

Bulbus oculi

Der kugelförmige Bulbus oculi nimmt den vorderen Abschnitt der Orbita ein. Seine runde Form ist vorn durch eine Vorwölbung unterbrochen. Die Vorwölbung wird durch die durchsichtige Cornea (Hornhaut) hervorgerufen. Sie macht ein Sechstel der gesamten Oberfläche des Bulbus aus (Abb. 8.101).

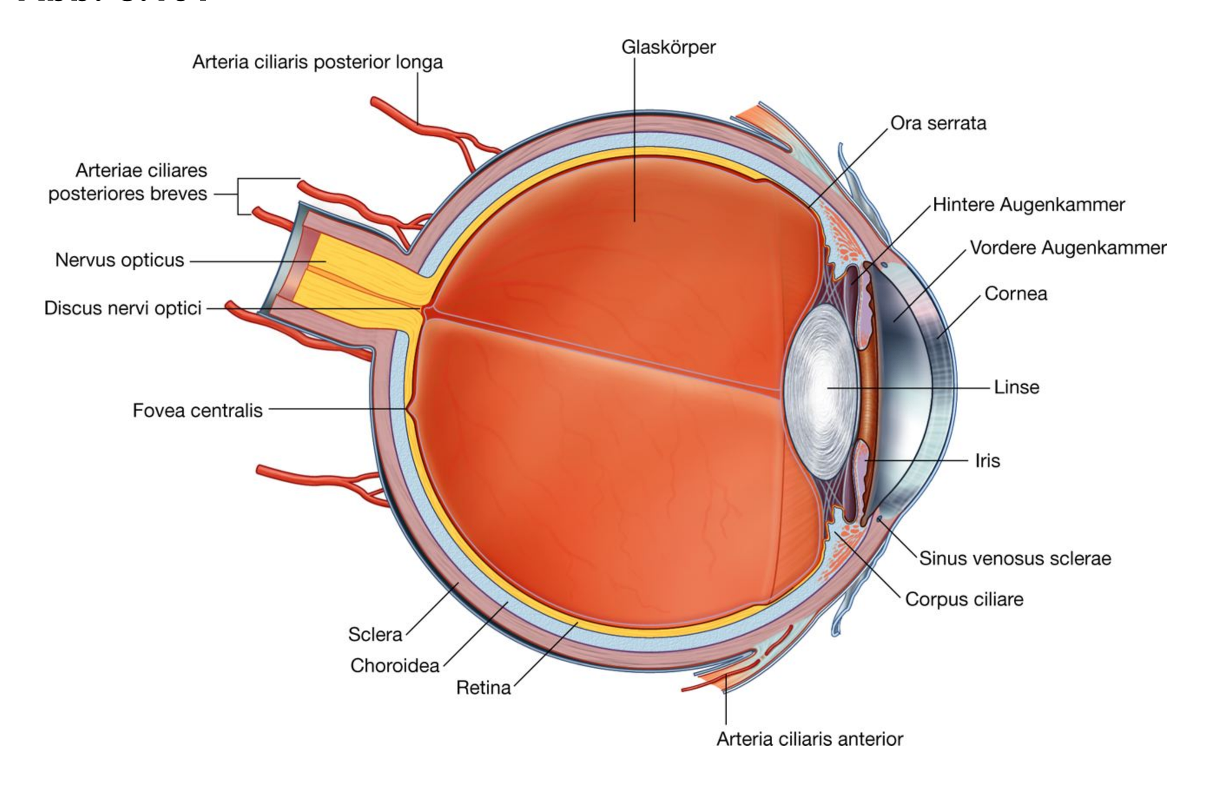
Hinter der Cornea befinden sich von vorn nach hinten die vordere Augenkammer, die Iris mit der Pupille, die hintere Augenkammer, die Linse, der Glaskörperraum und die Retina.

Vordere und hintere Augenkammer

Die **vordere Augenkammer** entspricht dem Gebiet zwischen Cornea und farbigem Teil des Auges **(Iris)**. Die zentrale Öffnung wird **Pupille** genannt. Hinter der Iris und vor der Linse befindet sich die kleinere **hintere Augenkammer**.

Vordere und hintere Augenkammer sind durch die Pupillenöffnung miteinander verbunden. Sie sind mit einer Flüssigkeit gefüllt **(Kammerwasser)**, die vom Ziliarkörper in die hintere Kammer sezerniert wird, durch die Pupille in die vordere Kammer gelangt und schließlich im **Sinus venosus sclerae** (Schlemm-Kanal), einem ringförmigen venösen Kanal im Iridokornealwinkel, resorbiert wird (Abb. 8.101).

Abb. 8.101



Bulbus oculi.

Das Kammerwasser ernährt die gefäßlose Cornea und die Linse und erhält den Augeninnendruck aufrecht. *Wenn das normale Gleichgewicht zwischen Kammerwasserproduktion und -resorption gestört ist und sich somit die Flüssigkeitsmenge erhöht, steigt in der Folge der Augeninnendruck. Dieser Zustand (Glaukom) kann zu verschiedenen Sehstörungen führen.*

Linse und Glaskörper

Die **Linse** trennt das vordere Fünftel von den hinteren vier Fünfteln des Augapfels (Abb. 8.101). Sie ist eine durchsichtige, bikonvexe und elastische Scheibe, die ringsherum an der Muskulatur (Musculus ciliaris) der äußeren Augenhaut befestigt ist. Durch die Befestigung am Rand kann die Linse ihre Brechkraft verändern, um so die Sehschärfe für unterschiedliche Entfernungen zu gewährleisten. *Die klinische Bezeichnung für eine Linsentrübung lautet Katarakt.*

Die hinteren vier Fünftel des Bulbus, also der Abschnitt von Linse bis zur Retina, werden durch den Glaskörper (Corpus vitreum) ausgefüllt (Abb. 8.101). Der Raum ist mit einer klaren, gallertigen Flüssigkeit gefüllt, dem **Humor vitreus**. Diese Substanz kann, anders als das Kammerwasser, nicht nachgebildet werden.

884

Wandschichten des Bulbus oculi

Die inneren Anteile des Bulbus sind von einer Wand umgeben, die den Bulbus in seiner Form hält. Die Wand besteht aus drei Schichten, aus einer äußeren fibrösen Schicht (Sclera), einer mittleren Gefäßschicht (Choroidea) und einer inneren retinalen Schicht (Retina; Abb. 8.101).

- Die äußere fibröse Schicht besteht hinten aus der Sclera und vorn aus der Cornea.
- Die mittlere Gefäßschicht besteht hinten aus der **Choroidea**, die vorn in das Corpus ciliare und die Iris übergeht.
- Die innere Schicht besteht hinten aus der Pars optica der **Retina** und vorn aus der Pars caeca retinae, die die Oberfläche von Corpus ciliare und Iris bedeckt.

Gefäße

Arterielle Versorgung

Die arterielle Versorgung des Bulbus erfolgt über mehrere Quellen:

- Die Arteriae ciliares posteriores breves sind Äste der Arteria ophthalmica, die die Sclera in der Umgebung des Nervus opticus durchbrechen und in die Choroidea eintreten (Abb. 8.101).
- Die Arteriae ciliares posteriores longi (meist zwei) durchbrechen die Sclera an der medialen und lateralen Seite des Nervus opticus und ziehen innerhalb der Choroidea nach vorn. Hier bilden sie mit den Arteriae ciliares anteriores Anastomosen.
- Die Arteriae ciliares anteriores sind Arterienäste, die der Blutversorgung der inneren Augenmuskeln dienen (Abb. 8.101). Sie durchbrechen die Sclera im Insertionsbereich der inneren Augenmuskeln, um mit den Arteriae ciliares posteriores longae zu anastomisieren.
- Die Arteria centralis retinae verläuft zentral im Nervus opticus und tritt am Discus nervi optici in den Bulbus ein.

Venöser Abfluss

Der venöse Abfluss des Augapfels erfolgt in erster Linie über die Drainage der Choroidea, an der vier große Venen **(Venae vorticosae)** beteiligt sind. Sie verlassen die Sclera von jeweils einem der vier Quadranten des hinteren Bulbusabschnitts und münden in Vena ophthalmica superior und Vena ophthalmica inferior. Zudem drainiert die Vena centralis retinae Blut aus dem Bulbus. Sie verläuft gemeinsam mit der Arteria centralis retinae.

Klinik

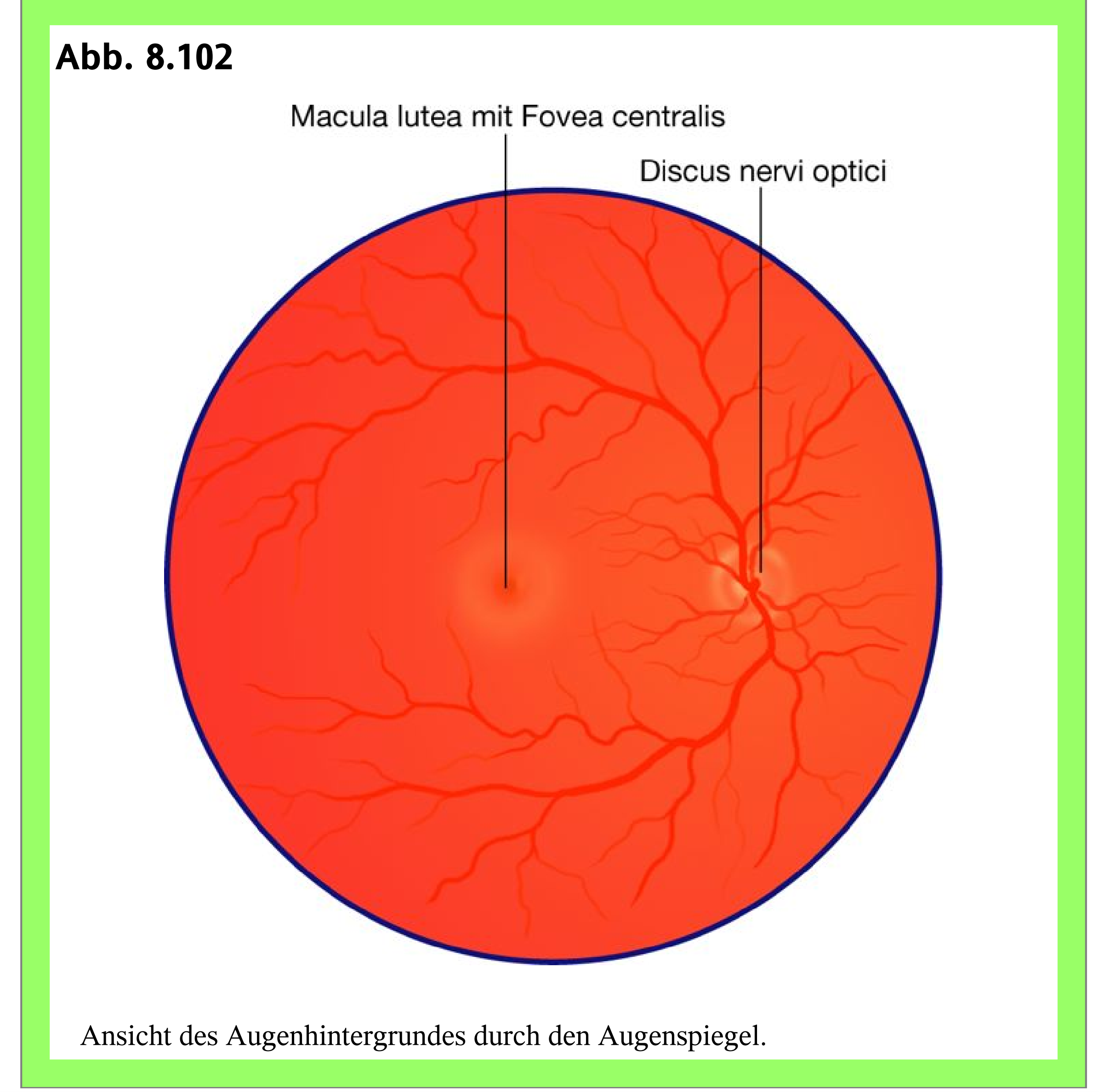
Ophthalmoskopie (Augenspiegelung)

Die direkte Darstellung des Glaskörperraums des Auges ist unter den meisten klinischen Bedingungen möglich. Sie lässt sich unter Verwendung eines Augenspiegels erreichen. Dabei handelt es sich um eine kleine batteriebetriebene Lampe mit einer sehr kleinen Linse, die die direkte Betrachtung des Glaskörperraums und des Augenhintergrunds durch Pupille und Linse ermöglicht. Manchmal ist es erforderlich, ein Medikament zur Pupillenerweiterung direkt auf die Augenoberfläche zu träufeln, um die Darstellung durch Pupillenerweiterung (Mydriasis) zu verbessern.

Der Nervus opticus ist gut erkennbar. Außerdem sieht man die vier charakteristischen Äste der Arteria retinae und die Fovea centralis.

Mithilfe der Ophthalmoskopie kann der Arzt den Patienten im Hinblick auf Erkrankungen des Nervus opticus sowie auf mögliche Gefäßanomalien und Veränderungen der Retina untersuchen (Abb. 8.102).

Abb. 8.102



Ansicht des Augenhintergrundes durch den Augenspiegel.

885

Klinik

Glaukom

Der Augeninnendruck steigt, wenn das normale Gleichgewicht zwischen Kammerwasserproduktion und -resorption gestört und somit die Flüssigkeitsmenge vergrößert ist. Dieser Zustand wird als Glaukom bezeichnet und kann zu verschiedenen, oftmals sehr schmerzhaften Sehstörungen bis hin zur Blindheit führen. Grund dafür ist der erhöhte Augeninnendruck auf die Retina und deren Gefäße. Es gibt allerdings auch Glaukomformen ohne Erhöhung des Augeninnendrucks.

Klinik

Katarakt

Mit zunehmendem Alter sowie im Rahmen bestimmter Erkrankungen kommt es zur Trübung der Augenlinse. Ein häufiger operativer Eingriff ist hier die Entfernung der getrübten Linse und deren Ersatz durch eine neue synthetische Linse (Phakotomie).

Tunica fibrosa bulbi

Die Tunica fibrosa bulbi besteht aus zwei Anteilen: Die Sclera bedeckt den hinteren und lateralen Teil des Bulbus (ungefähr fünf Sechstel seiner Oberfläche), die Cornea bedeckt den vorderen Abschnitt (Abb. 8.101).

Sclera

Die Sclera ist eine undurchsichtige Schicht aus straffem Bindegewebe, die von vorn durch die ihr aufliegende Konjunktiva als „Weißes des Auges" zu sehen ist. Sie wird von zahlreichen Gefäßen und Nerven durchbrochen, so z.B. im hinteren Bereich vom Nervus opticus. Sie ist Ansatzort der den Bulbus bewegenden äußeren Augenmuskeln.

Die Vagina bulbi (Tenon-Kapsel) bedeckt die Oberfläche der Sclera von außen vom Eintrittsort des Nervus opticus bis zur Grenze zwischen Cornea und Sclera. Die Innenfläche der Sclera ist hingegen nur locker mit der Choroidea verbunden.

Cornea

Vorn schließt sich der Sclera die durchsichtige Cornea an. Sie bedeckt das vordere Sechstel der Bulbusoberfläche und ermöglicht aufgrund ihrer Transparenz den Eintritt von Licht in den Bulbus. Sie ist die Fensterscheibe unseres Körpers.

Tunica vasculosa bulbi

Die Tunica vasculosa bulbi besteht aus drei zusammenhängenden Anteilen. Dies sind von hinten nach vorn: Choroidea, Corpus ciliare und Iris (Abb. 8.101).

Choroidea

Die Choroidea stellt den hinteren Abschnitt dar und macht ungefähr zwei Drittel der Gefäßschicht aus. Es handelt sich um eine dünne, gefäßreiche und pigmentierte Schicht, die aus kleinen, nahe der Retina gelegenen Gefäßen und aus größeren peripher gelegenen Gefäßen besteht. Sie ist innen fest mit der Retina und außen locker mit der Sclera verbunden.

Corpus ciliare

Das Corpus ciliare schließt sich der Choroidea vorn an (Abb. 8.101). Das im Querschnitt dreieckige Corpus ciliare liegt zwischen Choroidea und Iris und bildet im Bulbus einen vollständigen Ring. Es besteht aus Musculus ciliaris und Processus ciliares (Abb. 8.103).

Der **Musculus ciliaris** besteht aus glatten Muskelfasern, die longitudinal, zirkulär und radiär angeordnet sind. Die Muskelfasern werden durch parasympathische Fasern innerviert, die mit dem Nervus oculomotorius [III] zur Orbita gelangen. Sie verringern bei Kontraktion den Durchmesser des durch das Corpus ciliare gebildeten Rings.

Die **Processus ciliares** sind longitudinal ausgerichtete Falten auf der inneren Oberfläche des Corpus ciliare (Abb. 8.103). An ihnen entspringen die **Zonulafasern**, die an der Linse des Bulbus oculi befestigt sind. Sie halten die Linse in ihrer Lage und bilden in ihrer Gesamtheit das **Ligamentum suspensorium lentis**.

Eine Kontraktion des Musculus ciliaris verringert den Durchmesser des vom Corpus ciliare gebildeten Rings. Dies führt zur Entspannung des Ligamentum suspensorium lentis. Die Linse wird dadurch runder (entspannt). Es kommt zur Nahakkomodation.

Das Epithel der Processus ciliares ist für die Bildung des Kammerwassers verantwortlich.

Iris

Vorn wird die Gefäßschicht des Bulbus durch die Iris abgeschlossen (Abb. 8.101). Die ringförmige Struktur, die sich dem Ziliarkörper anschließt, ist der farbige Teil des Auges, der eine zentrale Öffnung (die Pupille) aufweist. Die Weite der Pupille wird durch glatte Muskelfasern in der Iris gesteuert (Abb. 8.103):

- Der **Musculus sphincter pupillae** besteht aus zirkulär verlaufenden Muskelzellen (Tab. 8.9), die durch parasympathische Fasern innerviert werden – Kontraktion dieser Fasern verengt die Pupillenöffnung. 886 887
- Der **Musculus dilatator pupillae** besteht aus radiär ausgerichteten, sympathisch innervierten Muskelzellen – Kontraktion vergrößert (dilatiert) die Pupillenöffnung).

Tunica interna bulbi

Die Tunica interna bulbi ist die Retina (Abb. 8.101). Sie besteht aus zwei Anteilen. Hinten und lateral befindet sich die lichtempfindliche **Pars optica retinae**, vorn liegt die **Pars caeca retinae**, die die innere Oberfläche von Corpus ciliare und Iris bedeckt. Die Grenze zwischen beiden Anteilen ist eine unregelmäßige Linie **(Ora serrata)**.

Pars optica retinae

Die Pars optica retinae besteht aus zwei Schichten, einer äußeren pigmentierten und einer inneren Schicht aus Nervenzellen und -fasern:

- Das **Stratum pigmentosum** haftet fest an der Choroidea und setzt sich vorn auf der Innenfläche von Corpus ciliare und Iris fort.
- Das **Stratum neuroepitheliale**, das selbst wiederum in verschiedene neurale Schichten unterteilbar ist, ist nur in der Umgebung des Nervus opticus und an der Ora serrata am Stratum pigmentosum befestigt.

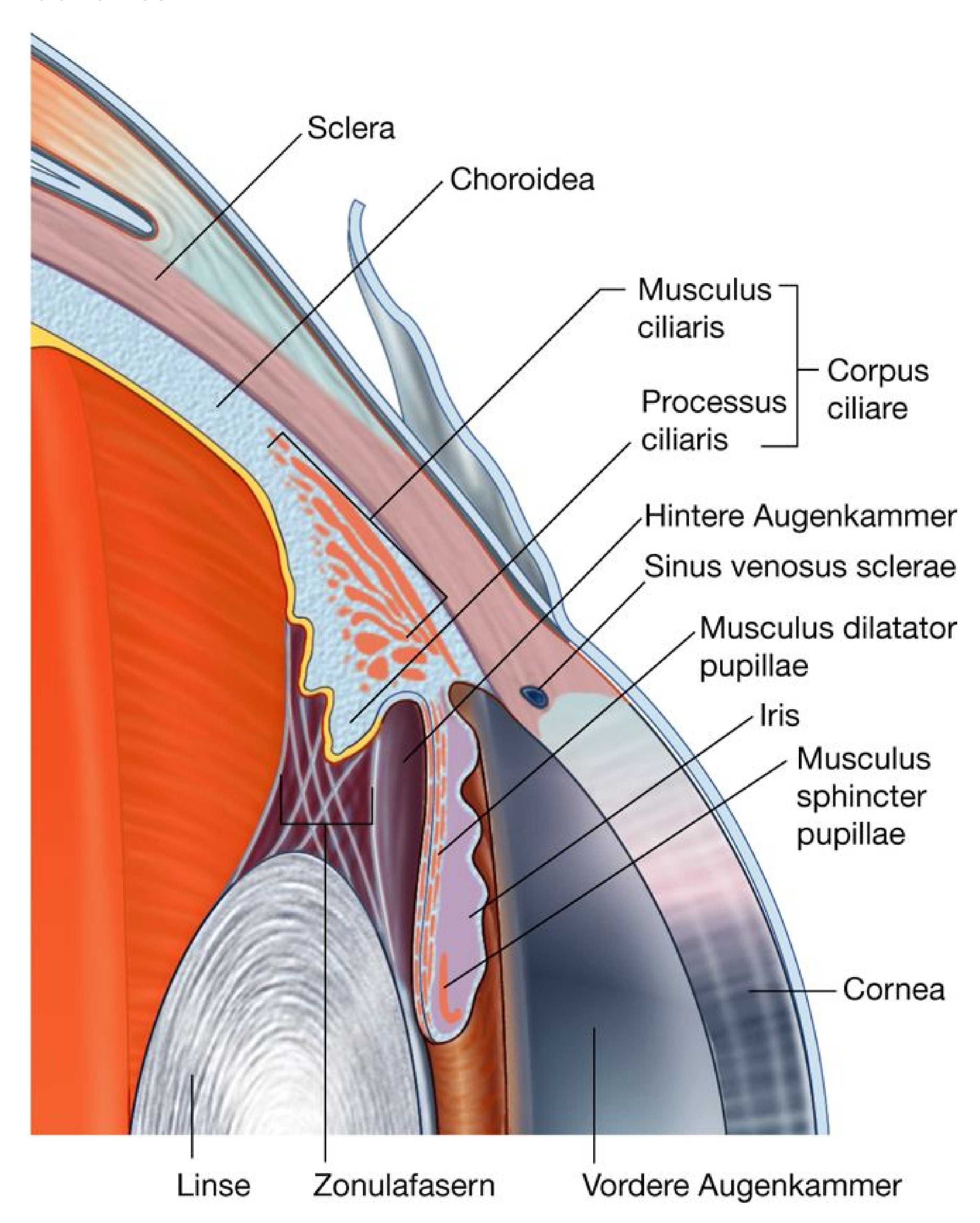
Bei einer Netzhautablösung löst sich das Stratum neuroepitheliale ab.

Auf dem hinteren Teil der Oberfläche der Pars optica retinae sind zahlreiche Strukturen sichtbar.

Der **Discus nervi optici** befindet sich an der Stelle, an der der Nervus opticus die Retina verlässt (Abb. 8.102). Er ist heller als die umgebende Retina und von ihm ausgehend verzweigen sich Äste der Arteria centralis retinae zur Versorgung der Retina. Da es im Discus nervi optici keine lichtempfindlichen Rezeptorzellen gibt, wird er als blinder Fleck der Retina bezeichnet.

Lateral des Discus nervi optici liegt der gelbe Fleck, die **Macula lutea**, ein kleiner schwach gelblich gefärbter Bereich mit einer Vertiefung in der Mitte, der **Fovea centralis** (Abb. 8.102). Dies ist der dünnste Bereich der Retina. Allerdings ist hier die visuelle Empfindlichkeit höher als in allen anderen Abschnitten der Retina, da sich hier außer wenigen **Stäbchen** (lichtempfindliche Rezeptorzellen, die auf schwaches Licht reagieren und nicht farbempfindlich sind) fast nur **Zapfen** (lichtempfindliche Rezeptorzellen, die auf helles Licht ansprechen und farbempfindlich sind) befinden.

Abb. 8.103



Corpus ciliare.

Tab. 8.9 Innere Augenmuskeln

Muskel	Lage	Innervation	Funktion
Musculus ciliaris	Muskelfasern im Corpus ciliare	Parasympathische Fasern des Nervus oculomotorius [III]	Konstriktion des Corpus ciliare, verringert Zugkraft auf die Linse, Linse rundet sich ab
Musculus sphincter pupillae	Zirkulär angeordnete Muskelfasern in der Iris	Parasympathische Fasern des Nervus oculomotorius [III]	Verengt Pupille
Musculus dilatator pupillae	Radiär angeordnete Muskelfasern in der Iris	Sympathische Fasern aus dem Ganglion cervicale superius (T1)	Erweitert Pupille

887

888

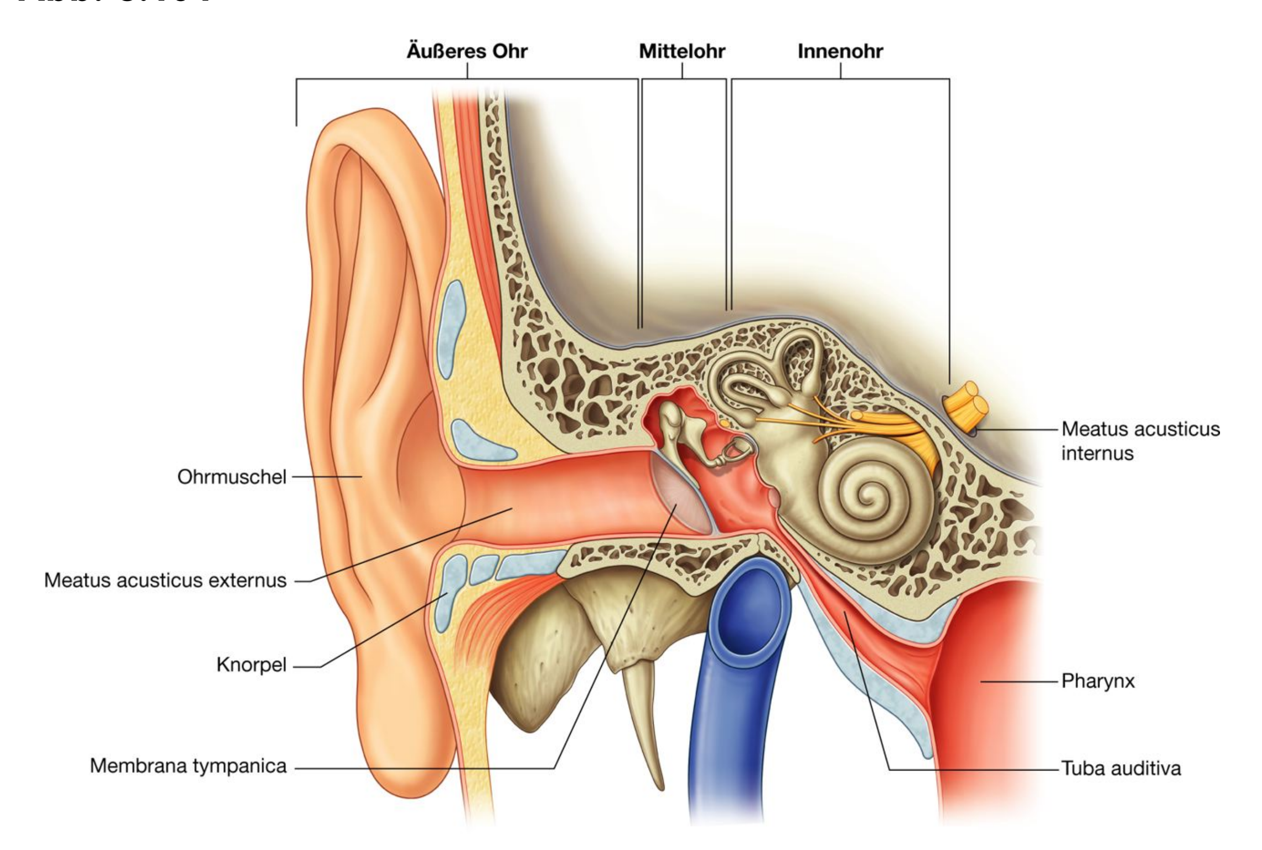
OHR

Das Ohr besteht aus Hörorgan und Gleichgewichtsorgan. Es besitzt drei Abschnitte (Abb. 8.104):

- Der erste Abschnitt ist das **äußere Ohr**, das aus der am seitlichen Kopf befestigten Ohrmuschel und dem nach innen führenden äußeren Gehörgang besteht.
- Der zweite Abschnitt ist das **Mittelohr**, eine Höhle in der Pars petrosa des Os temporale (Paukenhöhle), die lateral vom Trommelfell begrenzt und durch dieses vom äußeren Gehörgang getrennt wird; nach innen ist die Paukenhöhle über einen schmalen Gang (Tuba auditiva) mit dem Pharynx verbunden.
- Der dritte Abschnitt ist das **Innenohr**, das aus einer Reihe von Hohlräumen im Inneren der Pars petrosa des Os temporale zwischen dem lateral angrenzenden Mittelohr und dem medial liegenden Meatus acusticus internus besteht.

Das Innenohr wandelt die vom äußeren Ohr aufgenommenen Töne, die vom Mittelohr als mechanische Information weitergeleitet werden, so in elektrische Signale um, dass die Informationen zum Gehirn weitergeleitet werden können. Das Innenohr enthält zudem Rezeptoren zur Bestimmung von Bewegungen und Positionen im Raum (Gleichgewichtsorgan).

Abb. 8.104



Das Ohr.

Äußeres Ohr

Das äußere Ohr besteht aus zwei Abschnitten, der Ohrmuschel (Auricula) und dem nach innen führenden äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus).

Ohrmuschel

Die **Ohrmuschel** befindet sich an der Außenseite des Kopfes und dient der Schallaufnahme und verstärkung von Tönen. Sie besteht aus von Haut bedecktem elastischen Knorpel und hat eine charakteristische Form (Abb. 8.105).

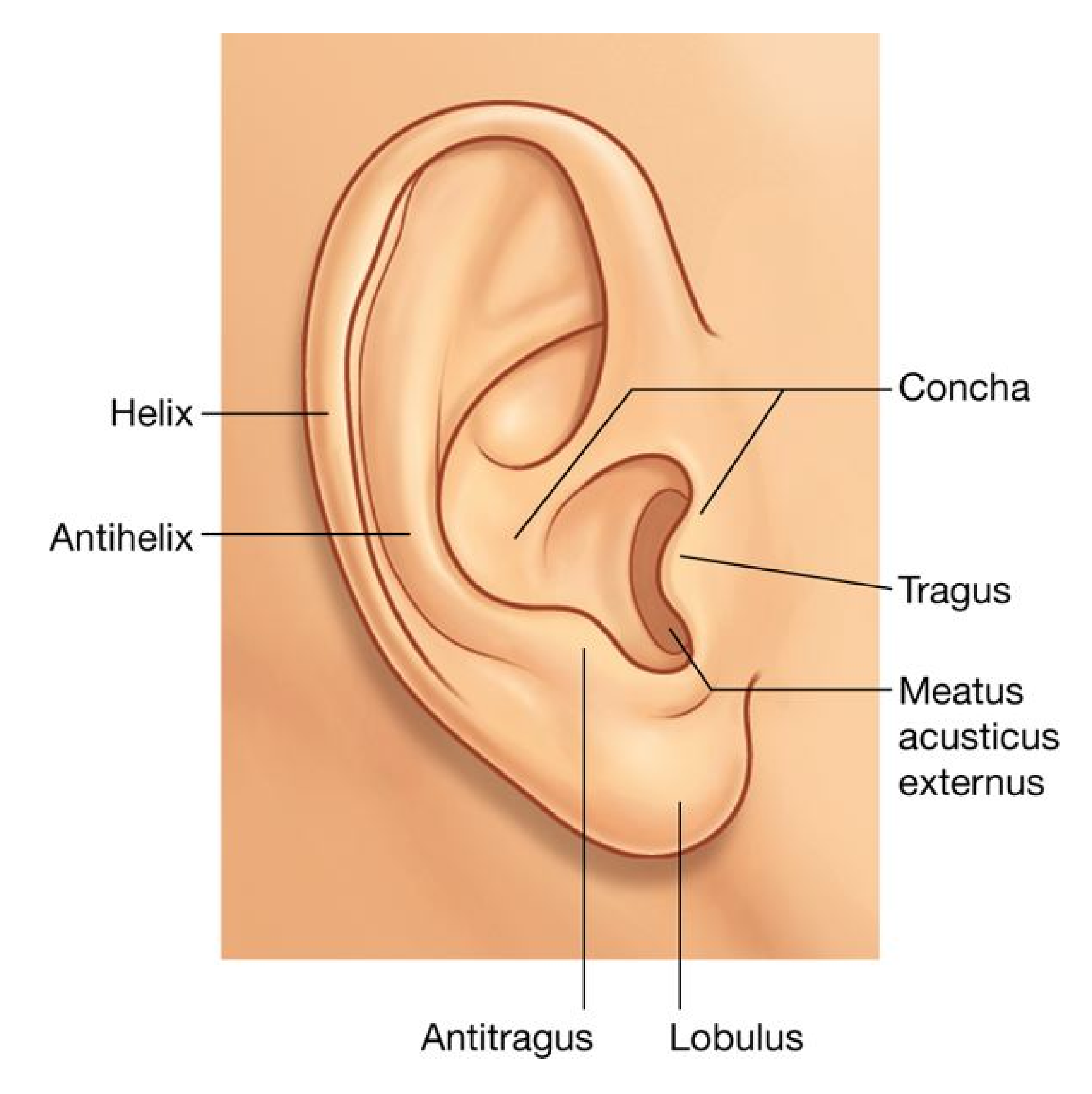
Der große äußere Rand der Ohrmuschel heißt **Helix**. Die Helix endet unten als Ohrläppchen (Lobulus auriculare), der einzige knorpelfreie Anteil der Ohrmuschel.

Die zentrale Vertiefung der Ohrmuschel ist die **Concha**. Die Concha geht in der Tiefe in den äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus) über.

Direkt vor der Öffnung des Meatus acusticus externus befindet sich vor der Concha eine knorpelige Erhebung **(Tragus)**. Gegenüber dem Tragus befindet sich oberhalb des Ohrläppchens eine weitere knorpelige Erhebung **(Antitragus)**. Die kleinere gebogene Leiste, die parallel zur Helix verläuft, heißt **Antihelix**. Weitere Bezeichnungen sind gebräuchlich, für das Verständnis der Ohrmuschel jedoch nicht nötig.

888

Abb. 8.105



Ohrmuschel.

Muskeln

Mit der Ohrmuschel sind zahlreiche äußere und innere Muskeln assoziiert:

- Die inneren Muskeln verlaufen zwischen den knorpeligen Anteilen der Ohrmuschel und können deren Form verändern.
- Die äußeren Muskeln (die Musculi auriculares anterior, superior und posterior) ziehen von der Kopfschwarte oder vom Schädel aus zur Ohrmuschel und üben ebenfalls Wirkung auf deren Ausrichtung aus.

Beide Muskelgruppen werden vom Nervus facialis [VII] innerviert.

Innervation

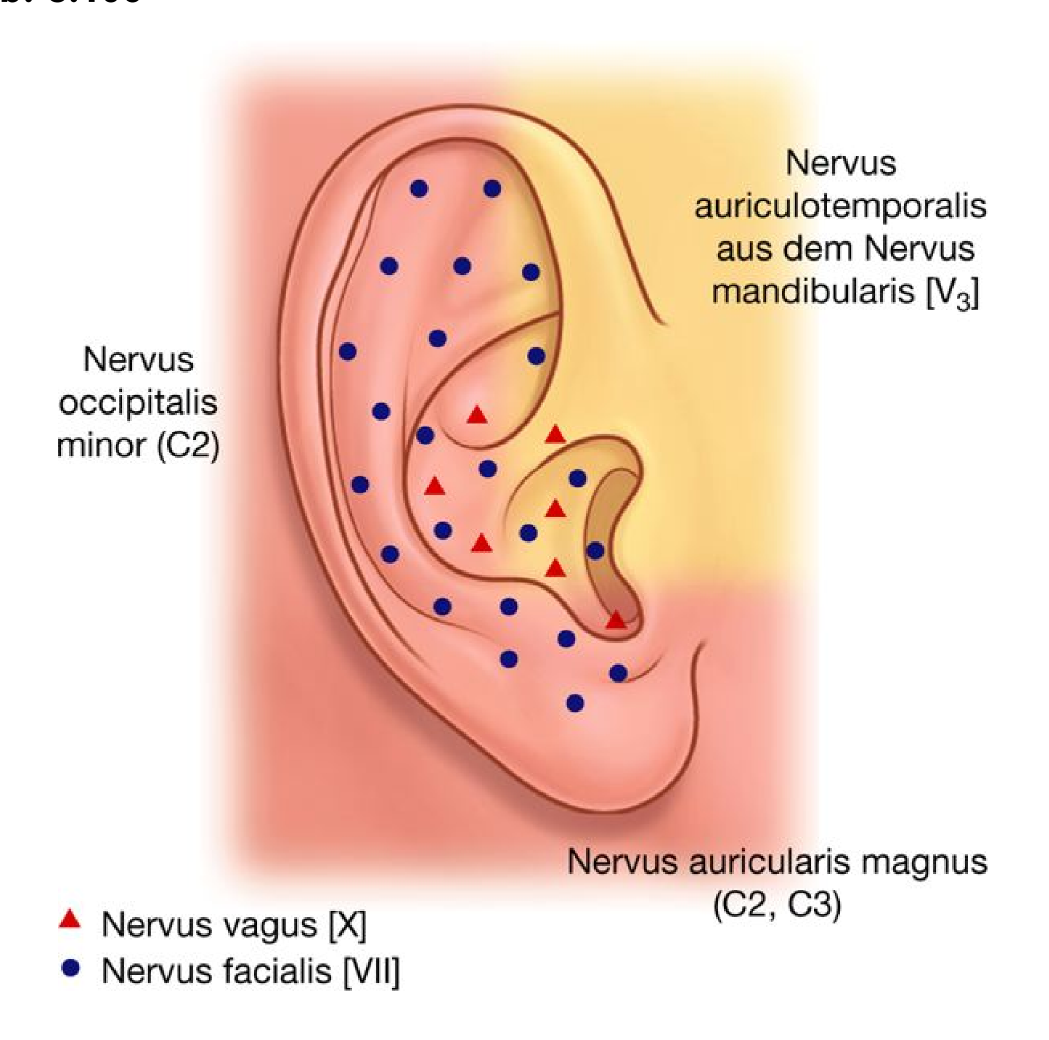
Die sensible Innervation der Ohrmuschel erfolgt über verschiedene Quellen (Abb. 8.106).

- Äußere oberflächliche Anteile der Ohrmuschel werden durch den Nervus auricularis magnus und den Nervus occipitalis minor aus dem Plexus cervicalis und durch den Nervus auriculotemporalis aus dem Nervus mandibularis [V_3] innerviert.
- Weitere Anteile der Ohrmuschel sowie der äußere Gehörgang werden durch Äste des Nervus facialis [VII] und des Nervus vagus [X] sensibel innerviert.

Gefäße

Die arterielle Versorgung der Ohrmuschel erfolgt über verschiedene Gefäße. Die Arteria carotis externa gibt die Arteria auricularis posterior ab, die von kaudal die Ohrmuschel mit Blut versorgt. Die Arteria temporalis superficialis gibt Rami auriculares anteriores zur Vorderseite der Ohrmuschel ab. Die Arteria occipitalis gibt ebenfalls einen Ast zur Ohrmuschel ab, der von dorsal an sie herantritt.

Abb. 8.106



Sensible Innervation der Ohrmuschel.

Der venöse Abfluss erfolgt über Begleitvenen der genannten Arterien.

Lymphe aus der Ohrmuschel wird nach vorn in Nodi lymphoidei parotidei, nach hinten in Nodi lymphoidei mastoidei und z. T. in die oberen Nodi lymphoidei cervicales profundi drainiert.

Meatus acusticus externus

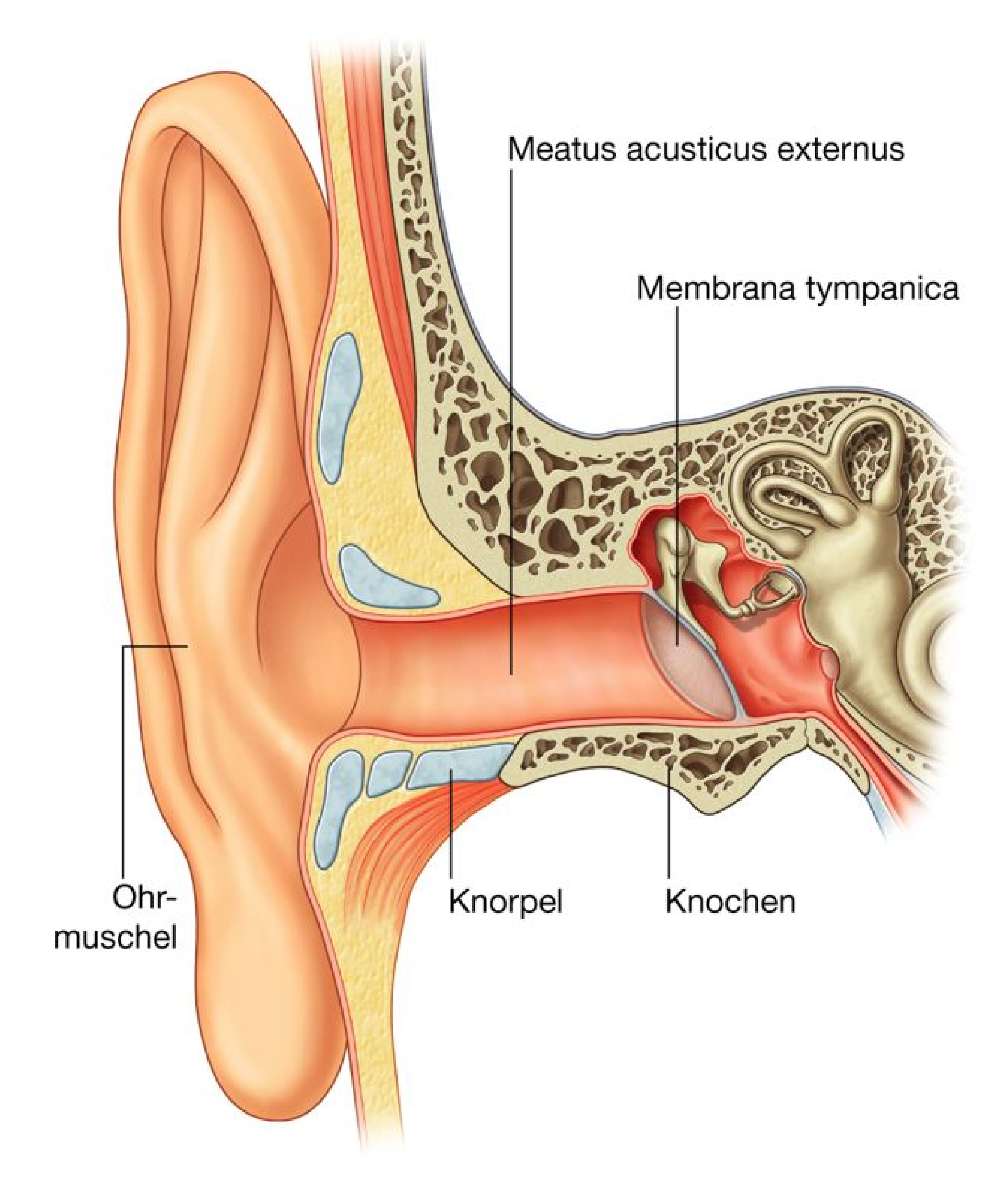
Der äußere Gehörgang beginnt in der Tiefe der Concha auriculare und reicht bis zur **Membrana tympanica** (Trommelfell) ca. 2,5 cm (Abb. 8.107). Seine Wand ist im ersten Drittel knorpelig (Pars cartilaginea), in den zwei folgenden Dritteln knöchern (Pars ossea im Os temporale).

Der Meatus acusticus externus ist auf der Innenseite in seinem gesamten Verlauf von Haut bedeckt, die Haare und modifizierte Schweißdrüsen (Glandulae ceruminosae) zur Produktion von **Cerumen** (Ohrenschmalz) enthält. Sein Durchmesser variiert – lateral ist er größer als medial.

Der Meatus acusticus externus ist S-förmig gekrümmt. Von der äußeren Öffnung aus zieht er nach oben vorn, biegt dann leicht nach hinten um, bleibt dabei aber nach oben gerichtet und biegt schließlich, abwärts verlaufend, leicht nach vorn um. *Im Rahmen der Untersuchung wird die Betrachtung der äußeren Gehörgangswände und des Trommelfells dadurch erleichtert, dass man das Ohr nach hinten oben und etwas nach lateral zieht.*

889

Abb. 8.107



Meatus acusticus externus.

Innervation

Die sensible Innervation des äußeren Gehörgangs erfolgt über mehrere Hirnnerven. Die meisten sensiblen Afferenzen verlaufen über Äste des Nervus auriculotemporalis, einen Ast des Nervus mandibularis [V_3], sowie über den Ramus auricularis des Nervus vagus [X]. Kleinere Afferenzen verlaufen über Äste des Nervus facialis [VII].

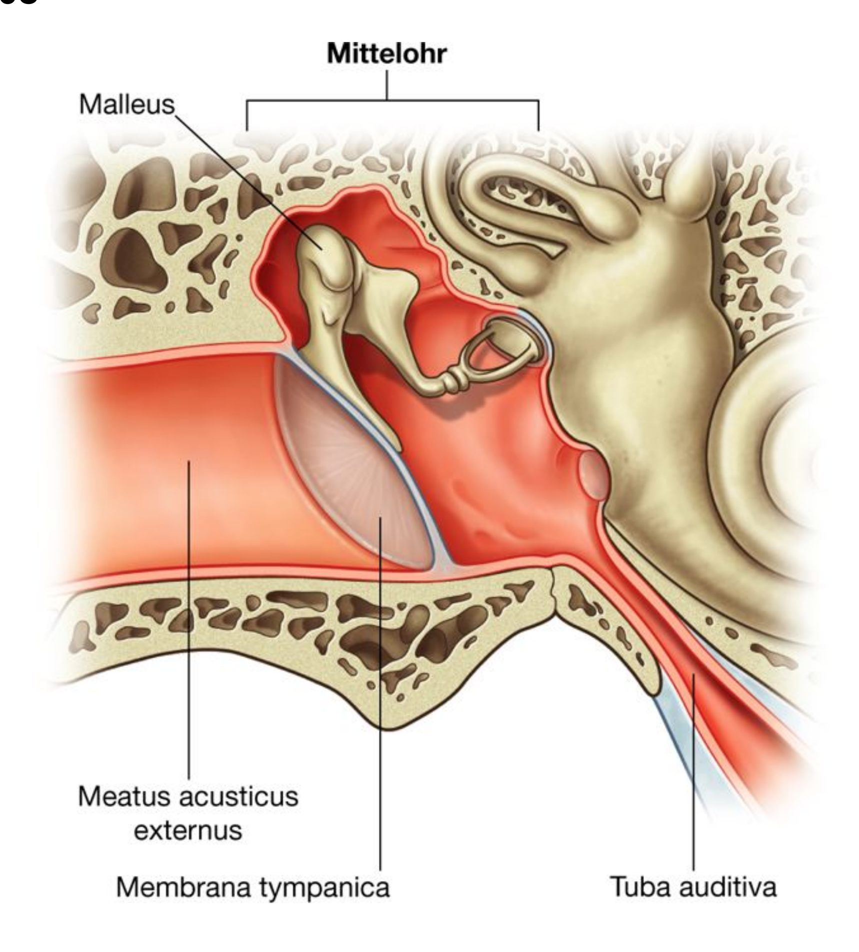
Membrana tympanica

Das perlmuttartig gräulich glänzende Trommelfell trennt den äußeren Gehörgang vom Mittelohr (Abb. 8.108 und 8.109). Es ist schräg gestellt und verläuft von oben nach unten und von hinten nach vorn in medialer Richtung gekippt. Das Trommelfell besteht aus einer Bindegewebsgrundlage, die außen von Haut und innen von Schleimhaut bedeckt wird.

Das Trommelfell ist über den **Anulus fibrocartilagineus** an der Pars tympanica des Os temporale befestigt. Zentral ist das Trommelfell konkav eingezogen, da auf der Innenseite (in der Paukenhöhle) das untere Ende (Umbo mallei) des **Manubrium mallei** (Hammergriff) befestigt ist, der Teil des Malleus (Hammers) im Innenohr ist. Der Befestigungsort heißt **Umbo membranae tympanicae**.

Das Trommelfell wird entlang einer gedachten Linie durch das Manubrium mallei und einer durch den Umbo senkrecht darauf stehenden Linie in vier Quadranten eingeteilt: einen vorderen oberen, einen vorderen unteren, einen hinteren unteren und einen hinteren oberen. Im vorderen unteren Quadranten sieht man im Rahmen der Untersuchung des Trommelfells durch das Otoskop einen hellen pyramidenförmigen Lichtreflex, der als Trommelfellreflex bezeichnet wird (Abb. 8.109). Die Basis der Pyramide ist zum Anulus fibrocartilagineus gerichtet.

Abb. 8.108



Mittelohr.

Oberhalb des Umbo setzt sich das Manubrium mallei nach vorn oben fort (Abb. 8.109). An der am weitesten kranial gelegenen Stelle der Befestigungslinie markiert eine kleine Wölbung die Position des **Processus lateralis** des Malleus, der hier auf die Innenfläche des Trommelfells drückt. Von dieser Erhebung aus verlaufen auf der Innenfläche der Membrana tympanica die **Plica mallearis anterior** und die **Plica mallearis posterior**. Oberhalb der beiden Falten ist die Membrana tympani zart und ungespannt **(Pars flaccida);** das übrige Trommelfell ist derber und straffer **(Pars tensa)**.

Innervation

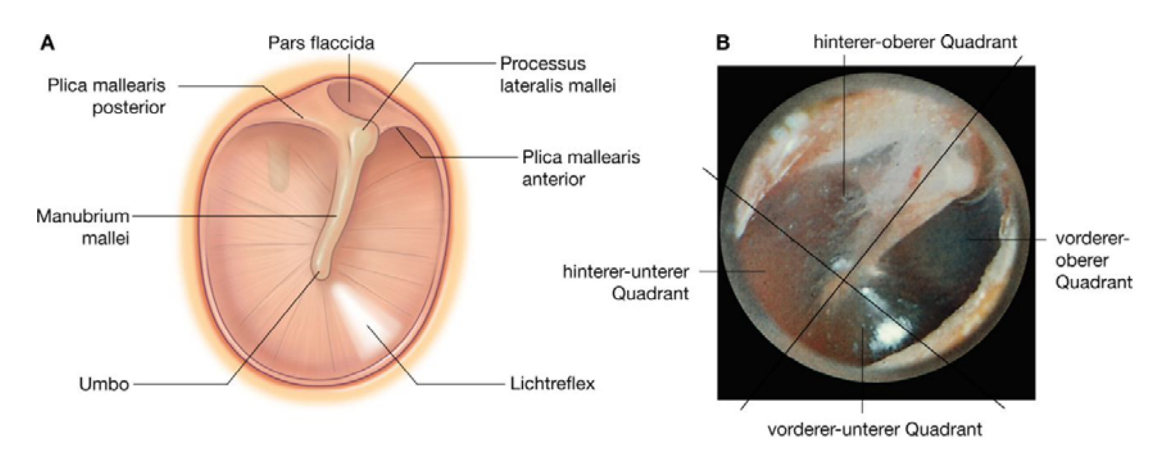
Die Innervation der Außen- und Innenfläche des Trommelfells erfolgt durch mehrere Hirnnerven:

- Die sensible Innervation der Haut auf der Außenfläche der Membrana tympanica erfolgt in erster Linie durch den Nervus trigeminus [V]; kleinere Bereiche werden über Nervus facialis [VII] und Nervus vagus [X] sensibel innerviert.
- Die sensible Innervation der Schleimhaut auf der Innenseite des Trommelfells erfolgt allein über den Nervus glossopharyngeus [IX].

890

891

Abb. 8.109



Membrana tympanica. **A**. Zeichnung. **B**. Ansicht durch das Otoskop.

Klinik

Untersuchung des Ohrs

Das Ohr besteht aus drei Anteilen: dem äußeren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr.

Die klinische Untersuchung dient der Überprüfung von Gehör und Gleichgewicht. Zur Untersuchung werden verschiedene Instrumente wie das Otoskop und andere Darstellungstechniken eingesetzt.

Äußeres Ohr

Das äußere Ohr ist leicht zu untersuchen. Der Meatus acusticus externus und die Membrana tympanica können durch das Otoskop betrachtet werden (Abb. 8.109B). Das Otoskop besitzt eine Lichtquelle und liefert ein vergrößertes Bild des Meatus acusticus externus und der Membrana tympanica.

Zu Beginn der Untersuchung zieht man die Ohrmuschel leicht nach hinten oben, um den äußeren Gehörgang gerade auszurichten. Das Trommelfell ist relativ durchsichtig und von graurötlicher Farbe (perlmuttartig). Etwa in der Mitte des Trommelfells erkennt man das Manubrium mallei. In Fünf-Uhr-Stellung ist stets der typische Lichtreflex sichtbar.

Mittelohr und Innenohr

Das Mittelohr wird durch CT- und MRT-Verfahren dargestellt, um Malleus (Hammer), Incus (Amboss) und Stapes (Steigbügel) darzustellen. Da die Lagebeziehung dieser Knochen in der Paukenhöhle feststehen, können raumfordernde Prozesse erkannt werden.

Das Innenohr ist ebenfalls mithilfe von CT und MRT darstellbar.

Klinik

Trommelfellperforation

Die Perforation der Membrana tympanica (Trommelfellperforation) kann viele Ursachen haben. Eine der häufigsten Ursachen ist eine Entzündung nach einemTrauma.

Die Otitis media (Mittelohrentzündung) ist häufig, kann aber üblicherweise mit Antibiotika behandelt werden. Persistiert die Infektion, können Veränderungen infolge chronischer Entzündung die Gehörknöchelchen und andere Strukturen des Mittelohrs zerstören und so zu Hörminderung bis hin zu Taubheit führen.

Meist heilt eine Ruptur des Trommelfells spontan ab; bei großen Rupturen kann jedoch ein chirurgischer Eingriff nötig sein.

Hin und wieder ist es notwendig, das Mittelohr über das Trommelfell zu erreichen. Da die Chorda tympani (Ast des Nervus facialis [VII]) hinter den beiden oberen Quadranten der Membrana tympanica verläuft, werden Trommelfellinzisionen immer nur in den unteren beiden Quadranten durchgeführt. Da der dorsale Anteil der Membrana tympani gut durchblutet ist, erfolgt der routine-mäßige operative Zugang im hinteren unteren Quadranten.

891

892

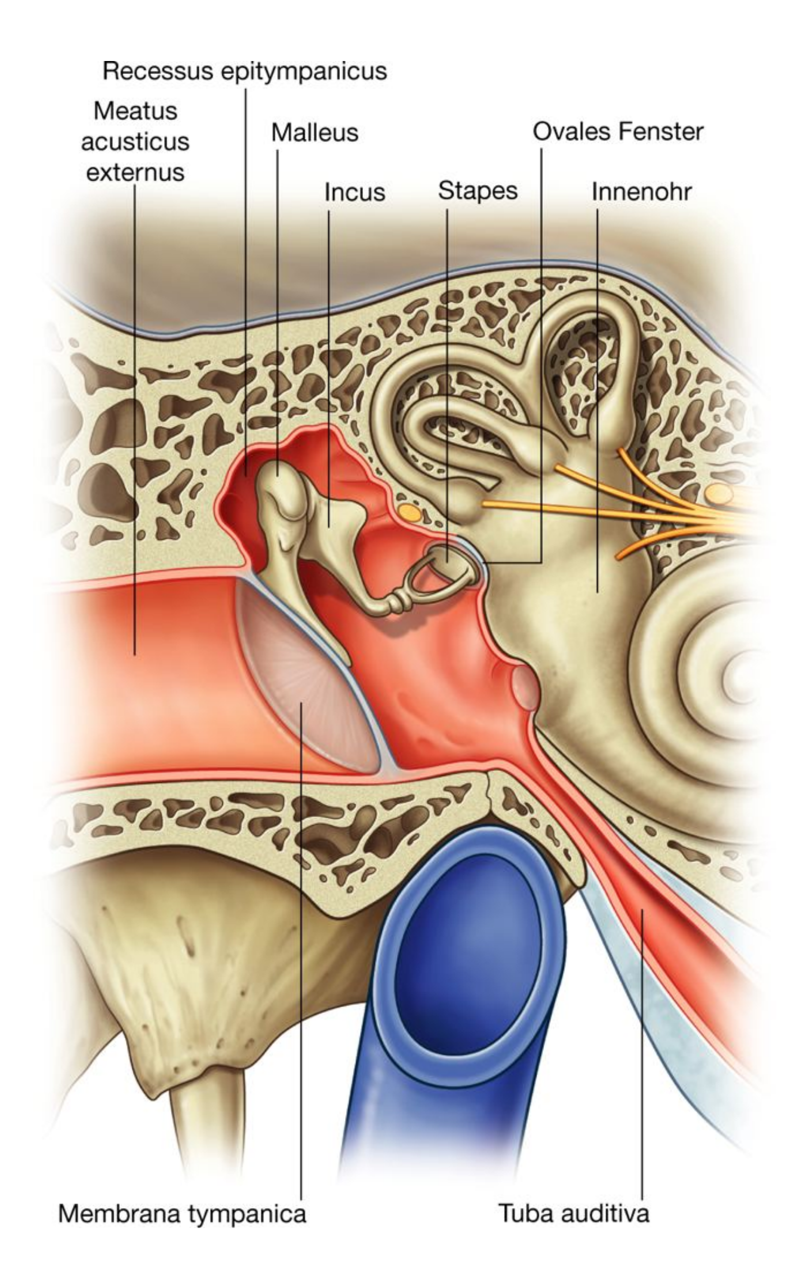
Mittelohr

Das Mittelohr ist ein luftgefüllter, mit Schleimhaut ausgekleideter Raum im Os temporale, der medial von der Membrana tympanica und lateral von der Seitenwand des Innenohrs liegt. Man unterscheidet zwei Abschnitte (Abb. 8.110):

- die **Cavitas tympani** (Paukenhöhle), die direkt an das Trommelfell angrenzt
- den **Recessus epitympanicus** im kranialen Abschnitt.

Das Mittelohr kommuniziert dorsal über das Antrum mastoideum mit dem Warzenfortsatz (Mastoid) und rostral über die Tuba auditiva mit dem Nasopharynx. Funktionell steht das Mittelohr im Dienst der Schallübertragung. Dabei werden Schwingungen des Trommelfells über die Gehörknöchelchenkette in der Cavitas tympani auf das Innenohr übertragen. Die Gehörknöchelchenkette setzt sich aus Malleus (Hammer; an der Membrana tympanica über das Manubrium mallei und den Umbo mallei befestigt), Incus (Amboss; steht mit Malleus und Stapes gelenkig in Kontakt) und Stapes (Steigbügel; steht mit dem Incus gelenkig in Kontakt und ist über eine Membran im ovalen Fenster der lateralen Wand des Innenohrs befestigt) zusammen.

Abb. 8.110



Teile des Mittelohrs.

Begrenzungen

Das Mittelohr wird von sechs Wänden begrenzt: einem Dach, einem Boden, einer vorderen, einer hinteren, einer medialen und einer lateralen Wand (Abb. 8.111).

Paries tegmentalis (Tegmen tympani)

Das Tegmen tympani (Dach) des Mittelohrs besteht aus einer dünnen Knochenplatte, die das Mittelohr gegen die mittlere Schädelgrube abgrenzt. Diese Knochenschicht ist zugleich das Tegmen tympani der Facies anterior der Pars petrosa ossis temporalis.

Paries jugularis

Der Paries jugularis (Boden) des Mittelohrs besteht aus einer dünnen Knochenplatte, die das Mittelohr und die Vena jugularis voneinander trennt. Gelegentlich ist der Boden durch das Vorkommen von Cellulae mastoideae verdickt.

Im Bereich der medialen Grenze des Bodens kommt eine kleine Öffnung vor, durch die der Nervus tympanicus als Ast des Nervus glossopharyngeus [IX] in das Mittelohr tritt.

Paries membranaceus

Der Paries membranaceus (laterale Wand) des Mittelohrs besteht fast vollständig aus dem Trommelfell. Der obere Abschnitt des Paries membranaceus wird jedoch von der knöchernen lateralen Wand des Recessus tympanicus gebildet, da die Membrana tympanica nicht bis ganz nach oben in den Recessus epitympanicus reicht.

Paries mastoideus

Der Paries mastoideus (Hinterwand) des Mittelohrs ist nur unvollständig ausgebildet. Der untere Teil der Wand besteht aus einer knöchernen Trennwand zwischen Cavitas tympani und Cellulae mastoideae. Oben schließt sich dem Recessus epitympanicus der **Eingang zum Antrum mastoideum (Aditus ad antrum mastoideum)** an (Abb. 8.111 und 8.112).

Auf dem Paries mastoideus befinden sich

- die Eminentia pyramidalis, eine kleine Erhebung durch die die Sehne des Musculus stapedius in das Mittelohr zieht
- eine Öffnung, durch die die Chorda tympani (Ast des Nervus facialis [VII]) in das Mittelohr tritt.

Paries caroticus

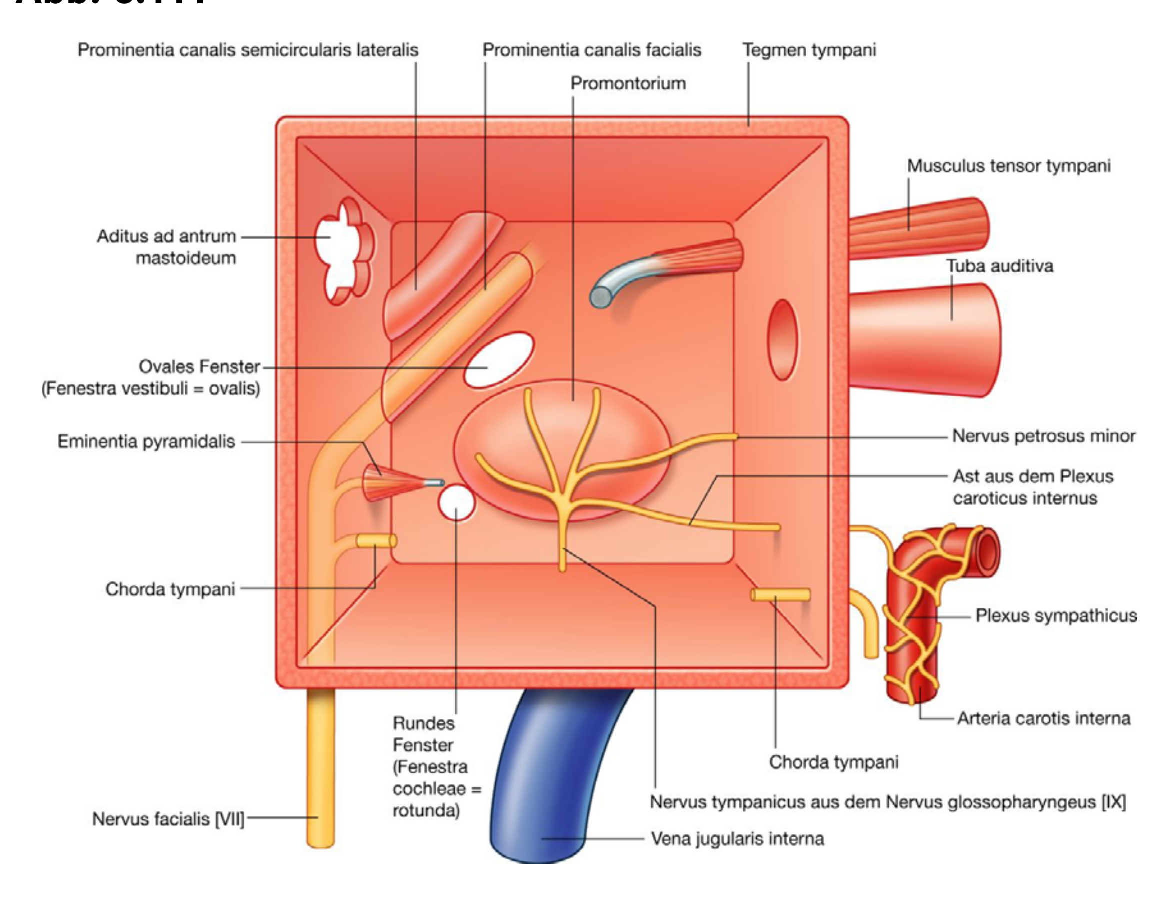
Der Paries caroticus (Vorderwand) des Mittelohrs ist ebenfalls nur unvollständig ausgebildet. Der untere Abschnitt besteht aus einer dünnen Knochenlamelle, die die

892

Paukenhöhle von der Arteria carotis interna trennt. Weiter kranial ist die Wand durch folgende Strukturen unterbrochen:

- eine große Öffnung für den Eintritt der Tuba auditiva (Tuba auditoria; Eustachi-Röhre) in das Mittelohr
- eine kleinere Öffnung für den knöchernen Halbkanal, in dem der Musculus tensor tympani verläuft und in die Paukenhöhle eintritt.

Abb. 8.111



Begrenzungen des Mittelohrs.

Der Spalt (Fissura petrotympanica; Glaser-Spalte) für den Austritt der Chorda tympani aus dem Mittelohr befindet sich ebenfalls im Paries caroticus (Abb. 8.111).

Paries labyrinthicus

Der Paries labyrinthicus (mediale Wand) des Mittelohrs ist zugleich die laterale Wand des Innenohrs. Aus der Wand wölbt sich das **Promontorium** cochleae, das durch die basale Windung der Cochlea hervorgerufen wird. Die **Cochlea** gehört zum Innenohr und dient dem Hören (Abb. 8.111).

In der Schleimhaut des Promontoriums befindet sich ein Nervengeflecht **(Plexus tympanicus)**, das überwiegend vom Nervus tympanicus aus dem Nervus glossopharyngeus [IX] sowie aus Ästen des Plexus caroticus internus gebildet wird. Es innerviert die

Schleimhaut des Mittelohrs, das Mastoid und die Tuba auditiva sensibel und leitet außerdem parasympathische und sympathische Nevenfasern.

Außerdem verlässt ein Ast des Plexus tympanicus (Nervus petrosus minor) das Mittelohr über den Hiatus canalis nervi petrosi minoris. Der Nerv verläuft über die Facies anterior der Pars petrosa ossis temporalis und verlässt die mittlere Schädelgrube durch das Foramen lacerum, um zum Ganglion oticum zu gelangen. Weitere Strukturen im Paries labyrinthicus sind zwei Öffnungen (das ovale und das runde Fenster) sowie zwei Vorwölbungen (Prominentia canalis facialis und Prominentia canalis semicircularis lateralis; Abb. 8.111):

- Das **ovale Fenster** (Fenestra vestibuli = ovalis) liegt hinter dem und oberhalb vom Promontorium. An ihm ist die **Basis stapedis** befestigt, und dort endet auch die Gehörknöchelchenkette, welche die vom Trommelfell ausgeführten Schwingungen auf die Cochlea des Innenohrs überträgt.

893

894

- Das **runde Fenster** (Fenestra cochleae = rotunda) liegt hinter dem und unterhalb vom Promontorium.
- Dorsal und oberhalb des ovalen Fensters befindet sich auf dem Paries labyrinthicus (mediale Wand) die **Prominentia canalis facialis**, eine Knochenleiste, die durch den Nervus facialis [VII] hervorgerufen wird, der hier in einem knöchernen Kanal durch das Os temporale verläuft.
- Unmittelbar oberhalb und dorsal der Prominentia canalis facialis befindet sich eine breite Knochenleiste **(Prominentia canalis semicircularis lateralis)**, die durch den Canalis semicircularis lateralis (lateraler Bogengang) hervorgerufen wird. Der Bogengang ist an der Wahrnehmung von Bewegungen beteiligt.

Mastoid

Dorsal des Recessus epitympanicus des Mittelohrs liegt der Aditus ad antrum mastoideum, der Eingang zum Antrum mastoideum (Abb. 8.112).

Das **Antrum mastoideum** ist ein Hohlraum, der normalerweise mit einer großen Zahl luftgefüllter Kammern **(Cellulae mastoideae)** verbunden ist, die in der gesamten Pars mastoidea ossis temporalis einschließlich des Processus mastoideus verteilt sind. Das Antrum mastoideum ist von der darüberliegenden mittleren Schädelgrube lediglich durch das dünne Tegmen tympani abgegrenzt.

Die Schleimhaut der luftgefüllten Warzenfortsatzzellen steht mit der Paukenhöhlenschleimhaut in Kontakt. Die lufthaltigen Warzenfortsatzzellen werden über das Mittelohr belüftet. *Durch die Verbindung zwischen Mittelohr und Warzenfortsatz können Mittelohrentzündungen leicht auf das Mastoid übergreifen und zu einer Mastoiditis führen.*

Klinik

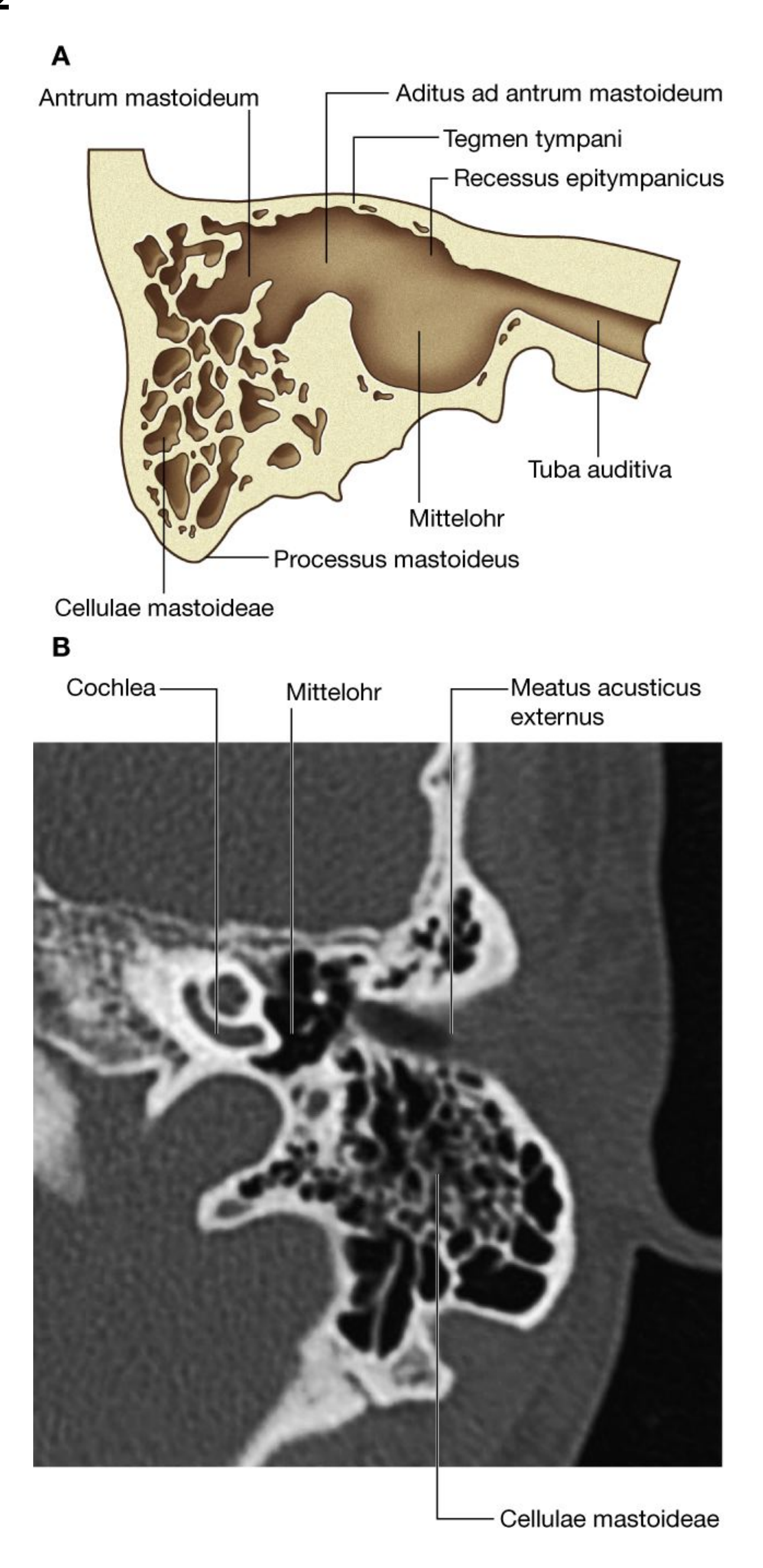
Mastoiditis

Eine Entzündung des Antrum mastoideum und der Cellulae mastoideae ist häufig Folge einer Mittelohrentzündung. Die Cellulae mastoideae stellen für eine Entzündung einen hervorragenden Nährboden dar. Außerdem kann sich eine Entzündung des Knochens (Osteomyelitis) entwickeln, die auf die mittlere Schädelgrube übergreift.

Für die notwendige Entfernung des in den Cellulae mastoideae befindlichen Eiters gibt es verschiedene operative Verfahren. Bei einem operativen Eingriff ist äußerste Vorsicht geboten, da der Nervus facialis [VII] und seine Äste leicht zerstört werden können. Ein Durchbruch durch das Tegmen tympani kann zum Übertritt von Bakterien in die mittlere Schädelhöhle und so zu einer Meningitis oder einem Hirnabszess führen.

Tuba auditiva

Abb. 8.112



Antrum mastoideum und Knochen der Umgebung. **A**. Zeichnung. **B**. Hochauflösende CT-Aufnahme des linken Ohrs (Pars petrosa des Os temporale).

Die Tuba auditiva (Eustachi-Röhre) verbindet Mittelohr und Nasopharynx (Abb. 8.113). Funktionell dient sie dem Druckausgleich, da das Trommelfell luft- und wasserundurchlässig ist und ein Druckausgleich somit nur über die Tube stattfinden kann. Die Öffnung in die Paukenhöhle befindet sich im Paries caroticus (Vorderwand). Die Tuba auditiva steigt von 894
895
hier aus nach vorn, medial und unten ab und mündet hinten, oben seitlich in den Nasopharynx. Die Öffnung liegt auf gleicher Höhe mit dem Meatus nasi inferior. Die Tuba auditiva besteht aus

- einem **knöchernen Abschnitt** (paukenhöhlennahes Drittel)
- einem **knorpeligen Abschnitt** (restliche zwei Drittel; elastischer Knorpel).

Die Öffnung des knöchernen Abschnitts ist leicht auf der Unterseite des Schädels an der Grenze zwischen Pars squamosa und Pars petrosa ossis temporalis unmittelbar hinter dem Foramen ovale und dem Foramen spinosum erkennbar.

Gefäße

Die arterielle Blutversorgung der Tuba auditiva erfolgt aus mehreren Quellen. Hierbei handelt es sich um Äste aus der **Arteria pharyngea ascendens** (Ast der Arteria carotis externa) und um zwei Äste aus der Arteria maxillaris (Arteria meningea media und Arteria canalis pterygoidei).

Der venöse Abfluss der Tuba auditiva erfolgt über den venösen Plexus pterygoideus in der Fossa infratemporalis.

Innervation

Da die Schleimhaut, die die Tuba auditiva auskleidet, mit der Schleimhaut von Cavitas tympani, Trommelfell, Antrum mastoideum und Cellulae mastoideae in Verbindung steht, wird auch sie in erster Linie durch den Plexus tympanicus innerviert. Das Nervengeflecht wird hauptsächlich von Fasern des Nervus tympanicus, eines Asts des Nervus glossopharyngeus [IX], gebildet.

Gehörknöchelchen

Die drei Gehörknöchelchen des Mittelohrs sind der Malleus (Hammer), der Incus (Amboss) und der Stapes (Steigbügel). Sie bilden eine Knochenkette durch die Paukenhöhle und füllen den Raum zwischen Trommelfell und ovalem Fenster aus (Abb. 8.114).

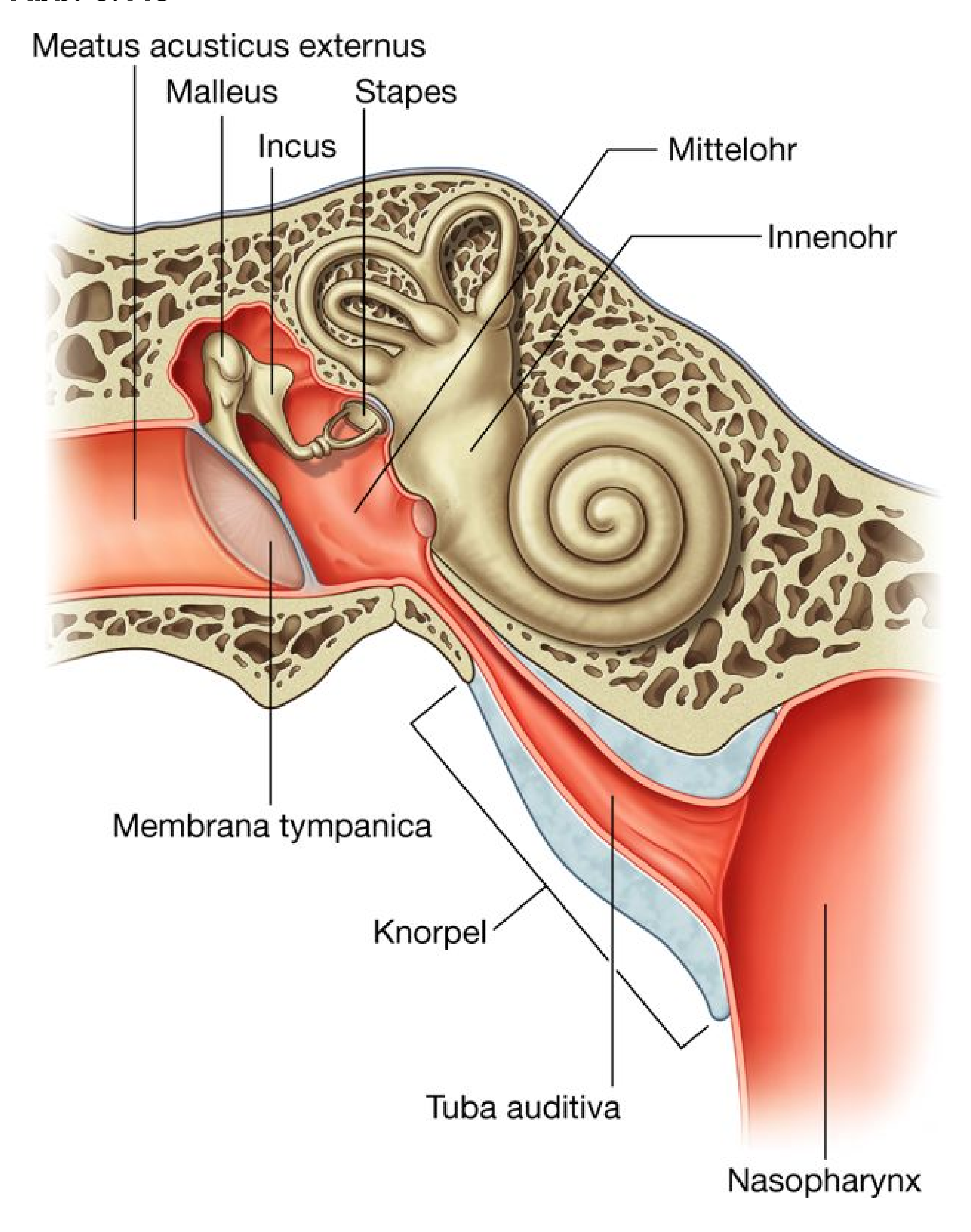
Die mit den Gehörknöchelchen in Verbindung stehenden Muskeln modulieren die beim Übertragen von Schwingungen auftretenden Bewegungen.

Malleus

Der Hammer ist das größte Gehörknöchelchen. Er ist an der Membrana tympanica befestigt. Man unterscheidet das **Caput mallei (Hammerkopf)**, das **Collum mallei**

(Hammerhals), den **Processus anterior** und den **Processus lateralis** sowie das **Manubrium mallei** (Hammergriff; Abb. 8.114). Das Caput mallei ist der runde obere Abschnitt des Hammers, der im Recessus epitympanicus liegt. Seine Hinterfläche artikuliert über die Articulatio incudomallearis mit dem Incus.

Abb. 8.113



Tuba auditiva.

Unterhalb des Caput mallei schließt sich das schmalere Collum mallei an, das sich in die Processus anterior und lateralis fortsetzt:

- Der Processus anterior ist über ein Band an der Vorderwand des Mittelohrs verankert.
- Der Processus lateralis ist an den Plicae malleolares anterior und posterior des Trommelfells befestigt.

Unterhalb der Processus anterior und lateralis setzt sich das Manubrium mallei kaudalwärts fort. Der Hammergriff ist zentral am Trommelfell verankert und endet in der Mitte des Trommelfells mit dem Umbo mallei.

Incus

Das in der Mitte der Gehörknöchelchenkette liegende Knöchelchen ist der Incus (Amboss). Er besteht aus **Corpus incudis, Crus longum, Crus breve** und **Processus lenticularis** (Abb. 8.114):

- Der breitere Ambosskörper (Corpus incudis) artikuliert mit dem Caput mallei und liegt im Recessus epitympanicus.
- Das Crus longum ragt vom Corpus aus parallel zum Manubrium mallei nach kaudal und biegt an seinem Ende nach medial, um mit dem Stapes zu artikulieren (echtes Gelenk; Diarthrose).

895

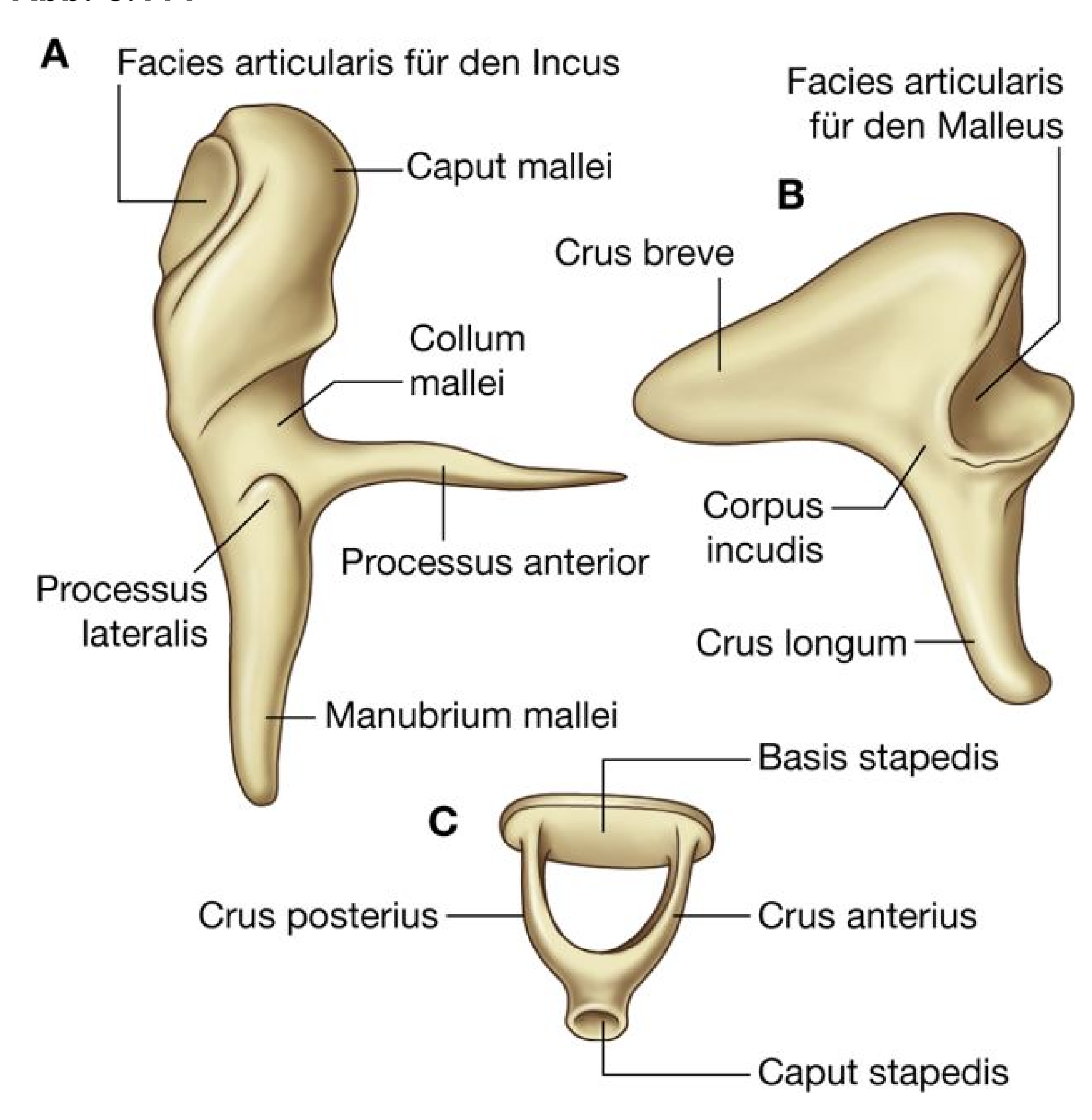
896

- Das Crus breve ragt nach dorsal und ist über ein Band am oberen Abschnitt der Hinterwand des Recessus epitympanicus verankert.
- Der Processus lenticularis artikuliert in der Articulatio incudostapedialis mit dem Caput stapedis.

Stapes

Der Stapes (Steigbügel) ist das am weitesten medial liegende Gehörknöchelchen. Es sitzt mit seiner Fußplatte (Basis stapedis) im ovalen Fenster und ist über eine dünne zirkulär verlaufende Bindegewebsmembran im Fensterrahmen befestigt.

Abb. 8.114



Gehörknöchelchen. **A**. Malleus. **B**. Incus. **C**. Stapes.

Tab. 8.10 Muskeln des Mittelohrs

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus tensor tympani	Pars cartilaginea der Tuba auditiva, Ala major ossis sphenoidalis, Semicanalis musculi tensoris tympani	Oberer Anteil des Manubrium mallei	Ast des Nervus mandibularis [V3]	Bei Kontraktion wird das Manubrium mallei nach medial gezogen, das Trommelfell wird so als Reaktion auf laute Töne angespannt und die Stärke der Schwingung verringert
Musculus stapedius	An der Innenseite der Eminentia pyramidalis befestigt	Collum stapedis	Ast des Nervus facialis [VII]	Bei Kontraktion (normalerweise als Reaktion auf laute Töne) wird der Stapes nach hinten gezogen und im ovalen Fenster verkippt; die Schallübertragung wird dadurch herabgesetzt

Der Stapes besteht aus **Caput stapedis, Crus anterius, Crus posterius** und **Basis stapedis** (Abb. 8.114):

- Das Caput stapedis ist nach lateral gerichtet und artikuliert mit dem Crus longum des Incus.
- Die beiden Crura trennen sich voneinander und inserieren an der ovalen Fußplatte.
- Die Basis stapedis passt nahezu genau in das ovale Fester des Paries labyrinthicus des Mittelohrs.

Muskeln mit Wirkung auf die Gehörknöchelchen

Zwei Muskeln sind mit den Gehörknöchelchen des Mittelohrs assoziiert: der Musculus tensor tympani und der Musculus stapedius (Abb. 8.115 und Tab. 8.10).

Musculus tensor tympani

Der Musculus tensor tympani liegt in einem knöchernen Kanal (Semicanalis musculi tensoris tympani) über der Tuba auditiva. Er entspringt am knorpeligen Abschnitt der Tuba auditiva, an der Ala major ossis sphenoidalis und an seinem eigenen knöchernen Kanal und verläuft durch diesen Kanal nach dorsal. Seine Sehne zieht nach Austritt aus

dem knöchernen Kanal bogenförmig auf das Trommelfell zu und inseriert am oberen Anteil des Manubrium mallei.

Die Innervation des Musculus tensor tympani erfolgt durch einen Ast des Nervus mandibularis [V_3] (Ast des Nervus trigeminus = erster Kiemenbogennerv).

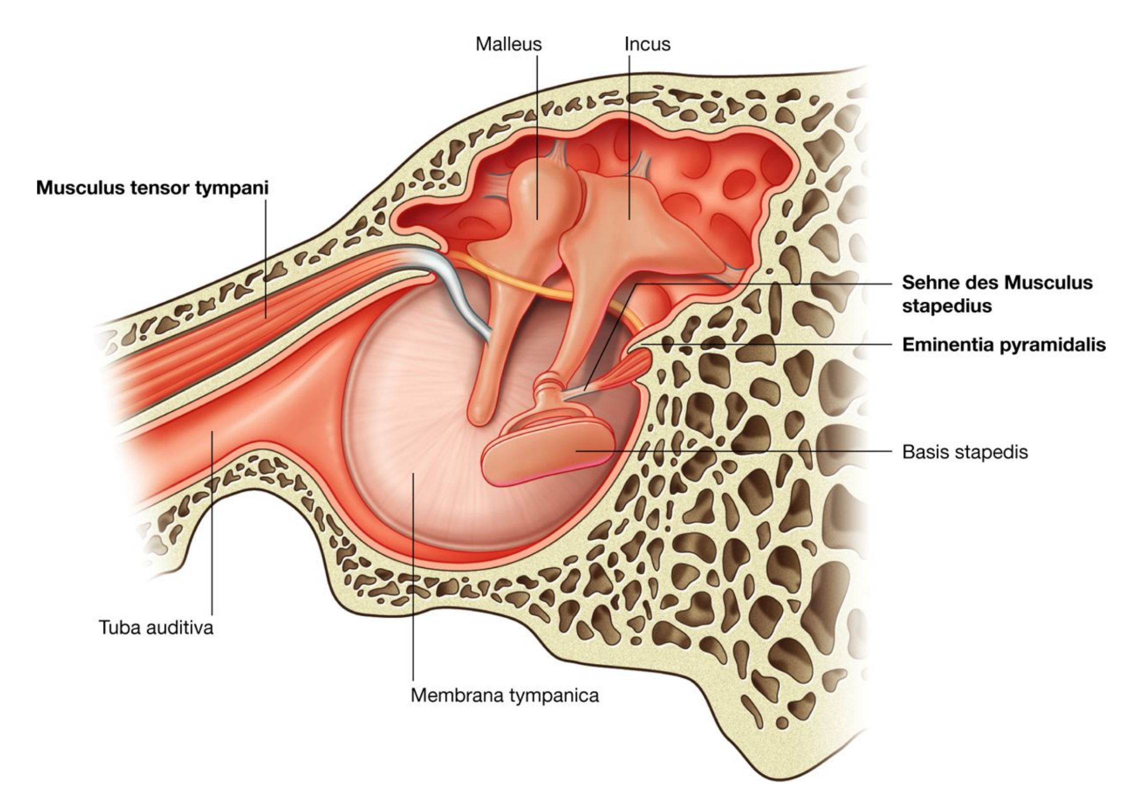
Bei Kontraktion des Musculus tensor tympani wird das Manubrium mallei nach medial in die Paukenhöhle gezogen. Dadurch wird die Spannung des Trommelfells verstärkt; die Schallübertragung verringert sich.

Musculus stapedius

Der Musculus stapedius ist ein sehr kleiner Muskel, der an der Innenseite der Eminentia pyramidalis, einem kleinen Vorsprung auf dem Paries mastoideus des Mittelohrs, entspringt (Abb. 8.115). Seine Sehne tritt aus der Spitze der Eminentia pyramidalis aus, zieht nach vorn und setzt an der Hinterfläche des Collum stapedis an.

896
897

Abb. 8.115



Muskeln mit Wirkung auf die Gehörknöchelchen.

Der Musculus stapedius wird durch einen Ast des Nervus facialis [VII] (zweiter Kiemenbogennerv) innerviert.

Normalerweise kontrahiert der Musculus stapedius als Reaktion auf laute Töne. Dadurch wird der Stapes nach dorsal gezogen und im ovalen Fenster verkippt. Die Schallübertragung verringert sich dadurch.

Gefäße

Zahlreiche Arterien versorgen die Strukturen des Mittelohrs:

- Die zwei größten Äste sind die **Arteria tympanica** aus der Arteria maxillaris und der **Ramus mastoideus** aus der Arteria occipitalis oder aus der Arteria auricularis posterior.
- Kleinere Äste kommen aus Arteria meningea media, Arteria pharyngea ascendens, Arteria canalis pterygoidei sowie aus Rami tympanici der Arteria carotis interna.

Der venöse Abfluss des Mittelohrs erfolgt über den venösen Plexus pterygoideus sowie über den Sinus petrosus superior.

Innervation

Der Plexus tympanicus innerviert die Schleimhaut, die die Wände und den Inhalt des Mittelohrs auskleidet, einschließlich der Cellulae mastoideae und der Tuba auditiva. Er wird vom **Nervus tympanicus** (einem Ast des Nervus glossopharyngeus [IX]) und von Ästen des Plexus caroticus internus gebildet und befindet sich größtenteils in der Schleimhaut des Promontoriums, einer runden Vorwölbung auf den Paries labyrinthicus des Mittelohrs (Abb. 8.116).

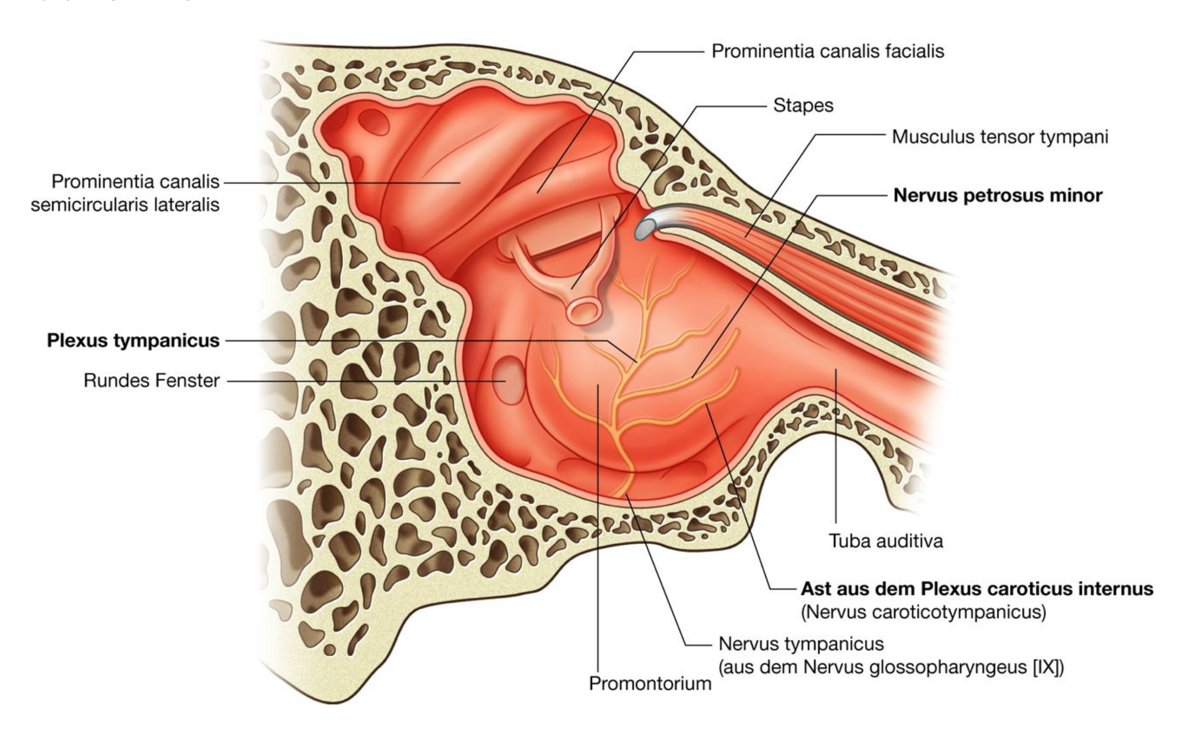
Beim Verlassen des Schädels durch das Foramen jugulare gibt der Nervus glossopharyngeus [IX] den Nervus tympanicus ab. Der Ast kehrt durch den Canalis nervi tympanici in den Schädel zurück und zieht durch das Os temporale zur Schleimhaut des Mittelohrs.

Im Mittelohr bildet er zusammen mit Ästen aus dem die Arteria carotis interna umgebenden Nervengeflecht **(Plexus caroticotympanicus)** in der Schleimhaut des Promontoriums den **Plexus tympanicus**. Äste, die den Plexus tympanicus verlassen, innervieren die Schleimhaut des Mittelohrs einschließlich der Tuba auditiva und des Mastoids.

Der Plexus tympanicus gibt außerdem einen größeren Ast (Nervus petrosus minor) ab, der präganglionäre parasympathische Fasern zum Ganglion oticum führt (Abb. 8.116).

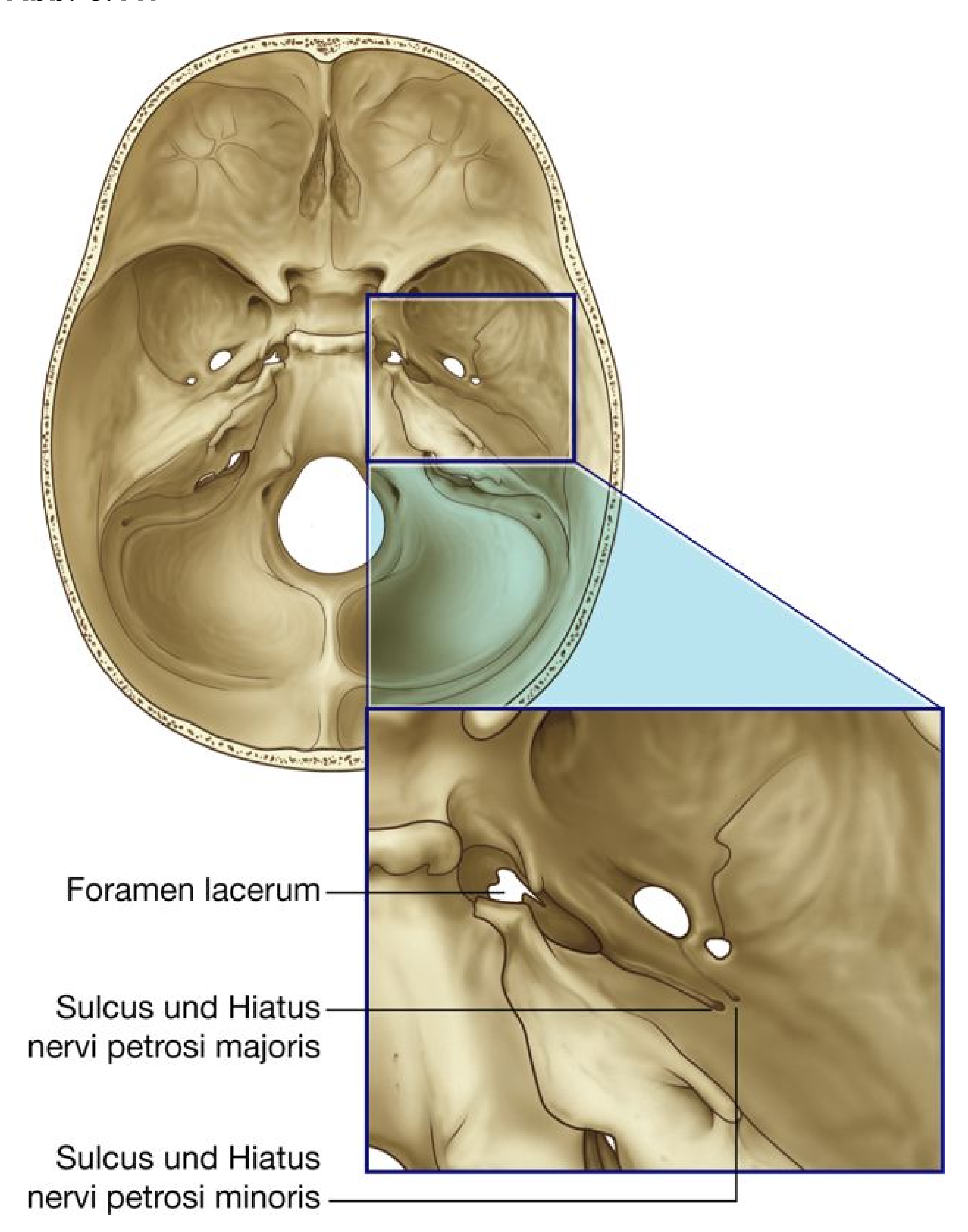
897

Abb. 8.116



Innervation des Mittelohrs.

Abb. 8.117



Sulci und Hiatus der Nervi petrosi major und minor.

Der Nervus petrosus minor verlässt das Promontorium, tritt aus dem Mittelohr aus und verläuft in der Pars petrosa des Os temporale bis zur Facies anterior, auf der er am Hiatus nervi petrosi minoris austritt. Der Hiatus liegt unmittelbar unterhalb des Hiatus nervi petrosi majoris (Abb. 8.117). Anschließend zieht der Nervus petrosus minor diagonal über die

Felsenbeinpyramide, bevor er die mittlere Schädelgrube durch das Foramen lacerum verlässt. Nach seinem Durchtritt erreicht er außerhalb des Schädels das Ganglion oticum.

Innenohr

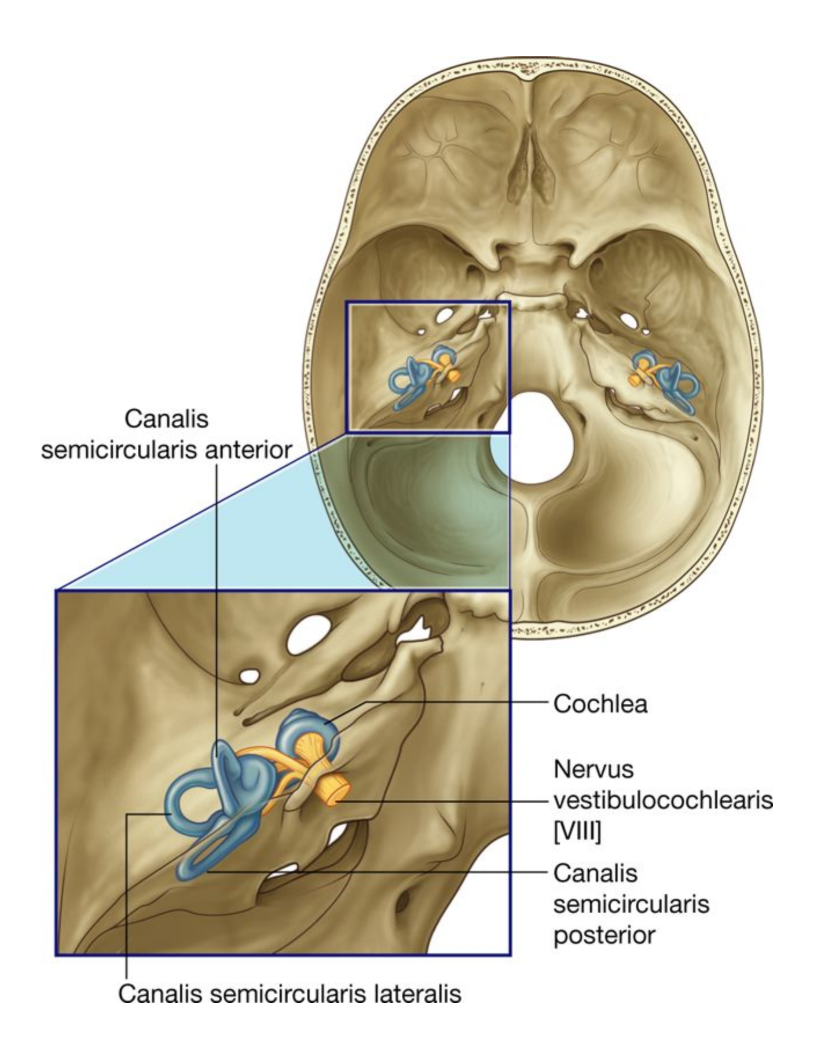
Das Innenohr besteht aus einer Reihe knöcherner Hohlräume **(knöchernes Labyrinth)**, die auf ihrer Innenseite von membranartigen Gängen und häutigen Säcken **(häutiges Labyrinth)** ausgekleidet werden. Alle Strukturen befinden sich in der Pars petrosa des Os temporale und liegen medial vom Mittelohr sowie lateral vom Meatus acusticus internus (Abb. 8.118 und 8.119).

Das knöcherne Labyrinth besteht aus dem **Vestibulum**, den drei **Bogengängen (Canales semicirculares)** und der **Cochlea** (**Schnecke;** Abb. 8.119). Diese knöchernen Hohlräume sind mit Periost ausgekleidet und enthalten eine klare Flüssigkeit **(Perilymphe)**.

In der Perilymphe schwimmt das häutige Labyrinth, das allerdings nicht alle Räume des knöchernen Labyrinths ausfüllt. Das häutige Labyrinth besteht aus **Bogengängen, Ductus** 898

899
cochlearis und zwei Säcken (**Utriculus** und **Sacculus**). Die häutigen Hohlräume sind mit **Endolymphe** gefüllt.

Abb. 8.118



Lage des Innenohrs im Os temporale.

Die Strukturen des Innenohrs leiten Informationen über das Gleichgewicht und das Gehör zum Gehirn:

- Die Cochlea (Schnecke) ist das Hörorgan.
- Die drei Bogengänge, Utriculus und Sacculus bilden das Gleichgewichtsorgan.

Der zur Weiterleitung der aufgenommenen Informationen verantwortliche Nerv ist der Nervus vestibulocochlearis [VIII] (auch als Nervus statoacusticus bezeichnet), der sich nach Eintritt in den Meatus acusticus internus in einen Nervus vestibularis (für das Gleichgewichtsorgan) und einen Nervus cochlearis (für das Hörorgan) aufzweigt (Abb. 8.119).

Knöchernes Labyrinth

Das Vestibulum, in dessen lateraler Wand sich das ovale Fenster befindet, ist der zentrale Abschnitt des knöchernen Labyrinths (Abb. 8.120). Es kommuniziert vorn mit der Cochlea und hinten oben mit dem Bogengangsystem.

Ein schmaler Kanal **(Aqueductus vestibuli)** verläuft, ausgehend vom Vestibulum, durch das Os temporale. Er mündet auf der Facies posterior der Pars petrosa ossis temporalis (Felsenbeinpyramide).

Canales semicirculares

Vom Vestibulum aus erstrecken sich **vorderer, hinterer** und **lateraler Canalis semicircularis** in posterosuperiorer Richtung (Abb. 8.120). Die Form jedes einzelnen Kanals gleicht zwei Dritteln eines Kreises, dessen beide Enden am Vestibulum befestigt sind und dessen eines Ende zu einer **Ampulle (Ampulla)** erweitert ist. Die Kanäle sind so angeordnet, dass jeder Kanal senkrecht zu den beiden anderen Kanälen steht.

Cochlea

Vom Vestibulum aus erstreckt sich eine knöcherne Struktur nach vorn, die sich 2,5- bis 2,75-mal um eine zentrale Knochensäule **(Modiolus cochleae)** windet. Diese Anordnung erzeugt eine kegelförmige Struktur, deren Basis **(Basis cochleae)** nach posteromedial und deren Spitze (Apex cochleae) nach anterolateral zeigen (Abb. 8.121). Dadurch liegt die breitere Basis des Modiolus in der Nähe des Meatus acusticus internus. Hier treten Äste des Nervus cochlearis aus dem Nervus vestibulocochlearis [VIII] ein.

Entlang des gesamten Modiolus ragt von zentral aus eine dünne Knochenleiste (**Lamina modioli** oder **Lamina spiralis**) in den Kanal. Um den Modiolus windet sich der Ductus cochlearis, der durch seine Befestigung an der Lamina spiralis in zentraler Lage gehalten wird. Der Ductus cochlearis ist Teil des häutigen Labyrinths.

Da der Ductus cochlearis peripher an der äußeren Wand der Cochlea befestigt ist, entstehen zwei Kanäle (**Scala vestibuli** und **Scala tympani**), die sich durch die gesamte Cochlea

ziehen und am Apex durch einen schmalen Schlitz **(Helicotrema)** miteinander verbunden sind:

- Die Scala vestibuli ist mit dem Vestibulum verbunden.
- Die Scala tympani ist durch eine Membran im runden Fenster vom Mittelohr getrennt (Abb. 8.122).

Schließlich gibt es in der Nähe des runden Fensters einen kleinen Kanal **(Canaliculus cochleae)**, der durch das Os temporale verläuft und sich auf dessen Facies posterior in die hintere Schädelgrube öffnet. Dadurch besteht eine Verbindung zwischen der mit Perilymphe gefüllten Cochlea und dem Spatium subarachnoideum.

Häutiges Labyrinth

Das häutige Labyrinth ist ein zusammenhängendes System aus Gängen und Säcken innerhalb des knöchernen Labyrinths. Es ist mit Endolymphe gefüllt und durch Perilymphe vom Periost der Wände des knöchernen Labyrinths getrennt.

Das häutige Labyrinth besteht aus zwei Säcken (Utriculus und Sacculus) und vier Gängen (drei Bogengänge und der Ductus cochlearis) und steht funktionell im Dienst des Hörens und des Gleichgewichts:

- Utriculus, Sacculus und die drei Bogengänge sind Teile des Vestibularorgans (Gleichgewichtsorgans).
- Die Cochlea ist das Hörorgan.

899
900

Die einzelnen Abschnitte des häutigen Labyrinths (Abb. 8.122) liegen folgendermaßen zueinander:

- Vorn liegt der Ductus cochlearis innerhalb der Cochlea des knöcherne Labyrinths.
- Hinten befinden sich innerhalb der drei Canales semicirculares des knöchernen Labyrinths die drei Bogengänge (Ductus semicirculares).
- In der Mitte liegen Sacculus und Utriculus im Vestibulum des knöchernen Labyrinths.

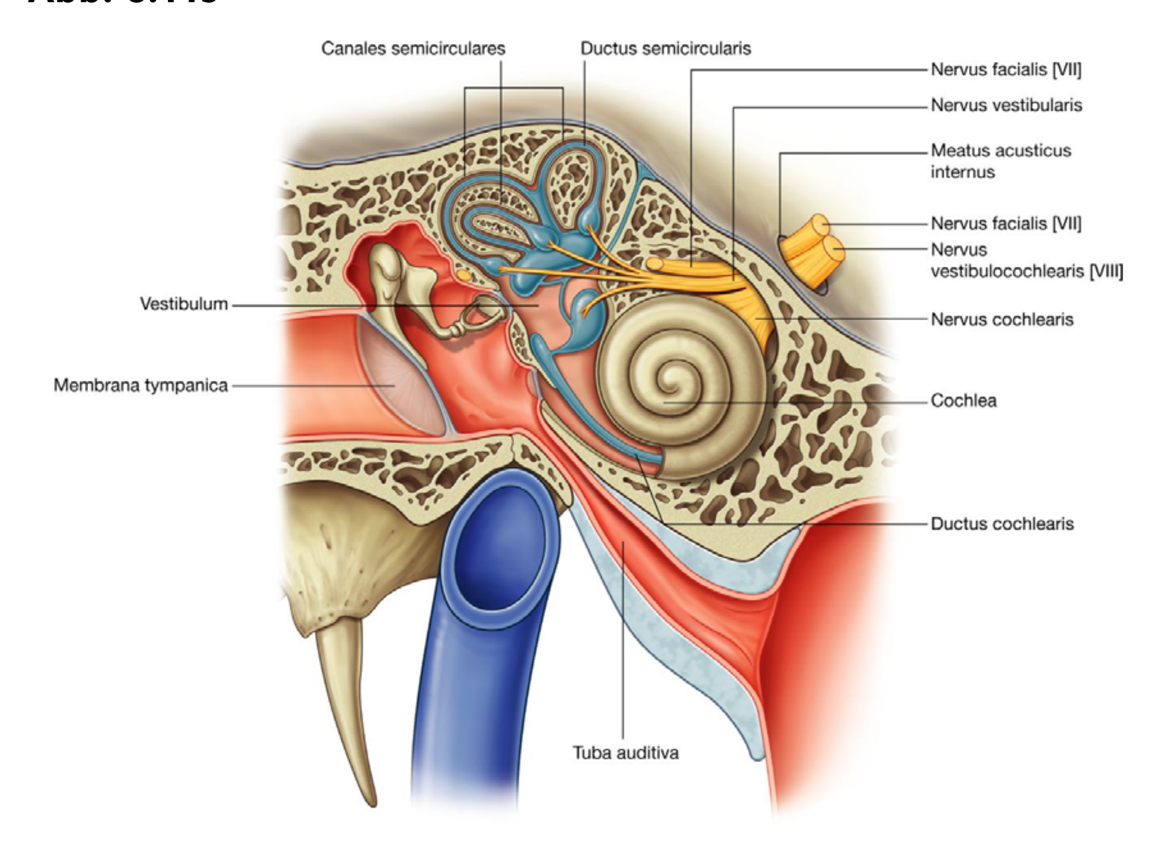
Gleichgewichtsorgan

Fünf oder sechs Komponenten des häutigen Labyrinths sind Teil des Gleichgewichtorgans. Hierzu gehören die beiden Säcke (Utriculus und Sacculus) sowie die drei Bogengänge (vorderer, hinterer und lateraler [horizontaler] Bogengang).

Utriculus, Sacculus und Ductus endolymphaticus

Der Utriculus ist der größere der beiden Säcke. Er ist oval, länglich und unregelmäßig geformt und liegt im hinteren oberen Abschnitt des Vestibulums des knöchernen Labyrinths.

Abb. 8.119



Innenohr.

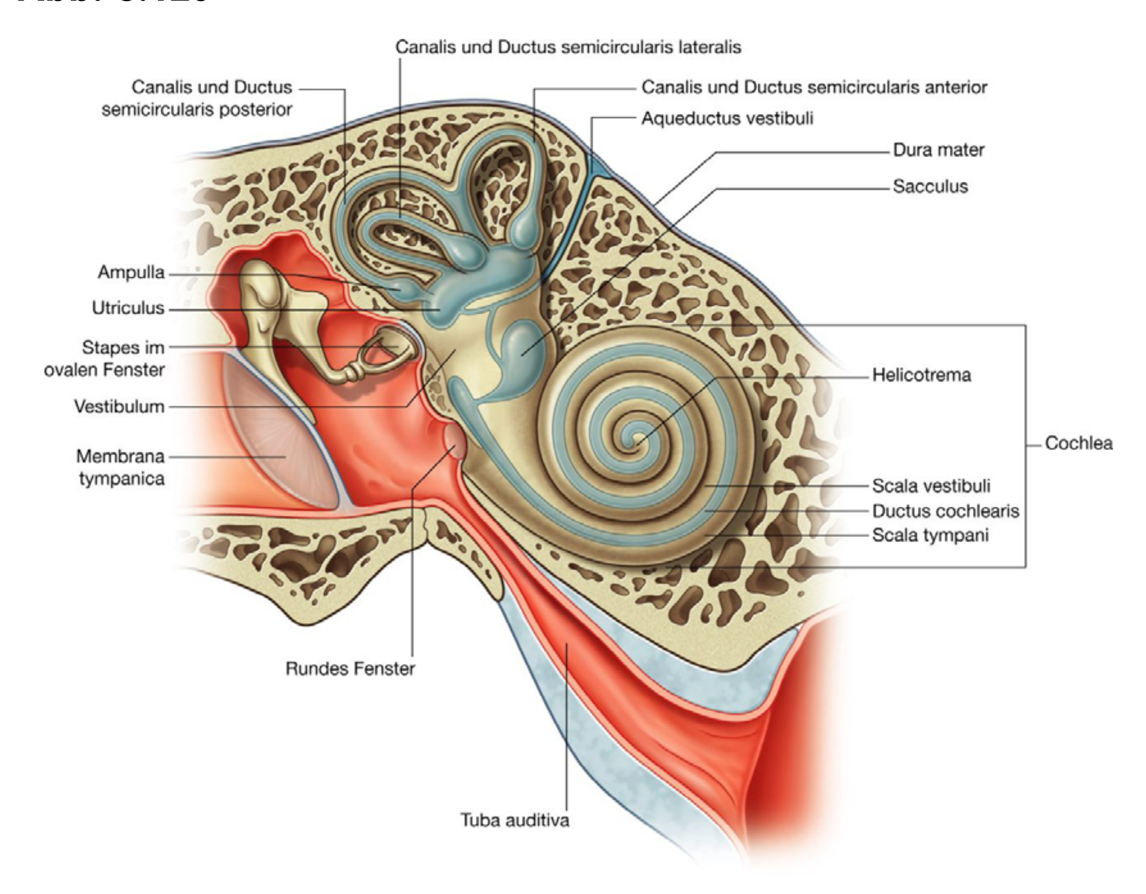
Die drei Bogengänge münden in den Utriculus. Die Form jedes Bogengangs gleicht der des entsprechenden Canalis semicircularis einschließlich eines zur Ampulle erweiterten Abschnitts. Der Durchmesser der Bogengänge ist allerdings viel kleiner.

Der Sacculus ist ein kleinerer runder Sack, der im vorderen unteren Anteil des Vestibulums des knöchernen Labyrinths liegt (Abb. 8.122). In ihn mündet der Ductus cochlearis.

Der Ductus utriculosaccularis verbindet Utriculus und Sacculus und sorgt so dafür, dass sämtliche Anteile des häutigen Labyrinths durchgängig miteinander in Verbindung stehen. Vom Ductus utriculosaccularis zweigt der **Ductus endolymphaticus** ab, der innerhalb des Aqueductus vestibuli (Kanal im Os temporale) verläuft und auf der Facies posterior der Pars petrosa ossis temporalis in die hintere Schädelgrube mündet. Hier erweitert sich der Ductus endolymphaticus zum **Saccus endolymphaticus**, einer epiduralen Aussackung, in der die Resorption der Endolymphe stattfindet.

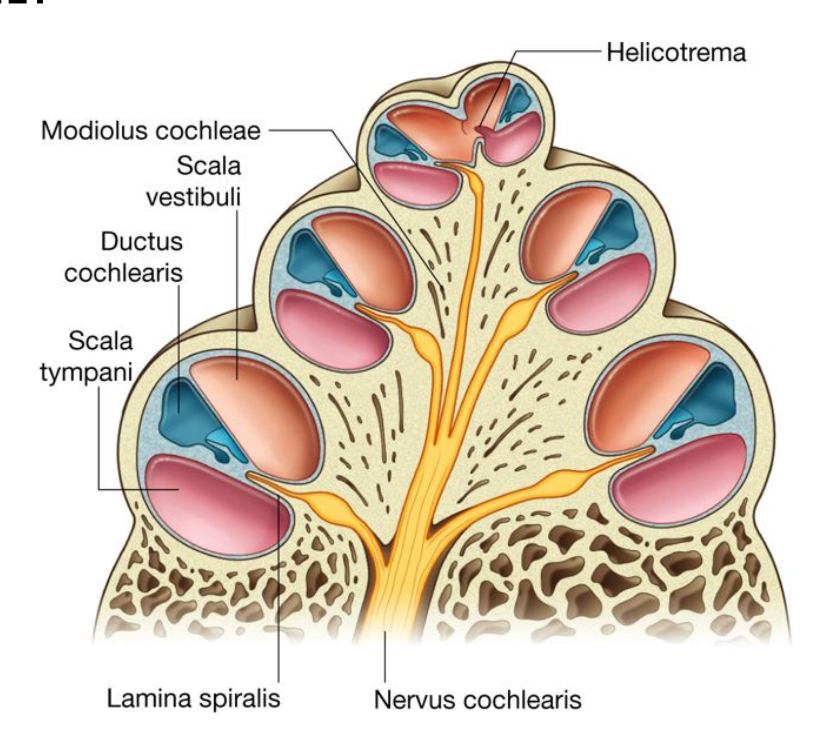
900

Abb. 8.120



Knöchernes Labyrinth.

Abb. 8.121



Cochlea.

Sinnesrezeptoren

Die Sinnesrezeptoren des Gleichgewichtsorgans sind spezialisierte Strukturen in verschiedenen Teilen des Vestibularapparats. Hierzu gehören die im Utriculus und im Sacculus lokalisierten **Maculae utriculi** und **sacculi** sowie eine **Crista ampullaris** in jedem der drei Bogengänge.

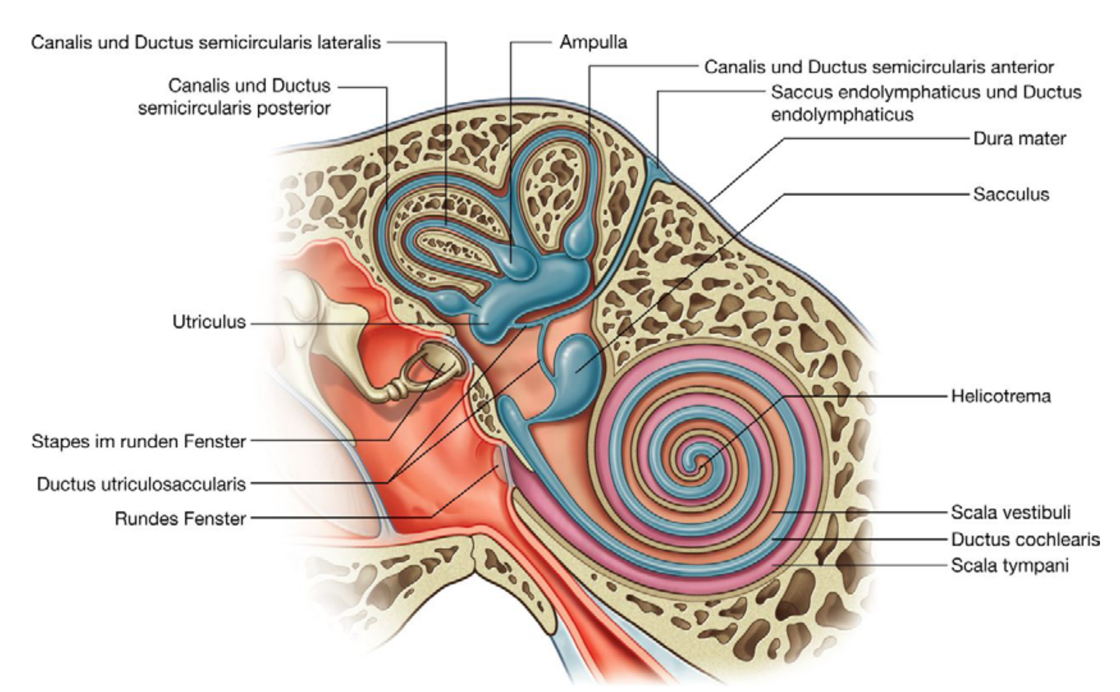
Der Utriculus registriert Drehbeschleunigung und vertikale Beschleunigung; der Sacculus reagiert auf Linearbeschleunigung. Die Rezeptoren der drei Bogengänge registrieren Bewegungen in den drei Ebenen des Raumes, ein Bogengang für jede Ebene.

Hörorgan

Ductus cochlearis

Der Ductus cochlearis liegt zentral in der Cochlea des knöchernen Labyrinths. Er unterteilt die Cochlea dadurch in zwei Kanäle (Scala vestibuli und Scala tympani). Der Ductus cochlearis wird aufgrund seiner Befestigung in der Mitte an der Lamina spiralis in dieser Lage gehalten. Die Lamina spiralis ist eine dünne Knochenlamelle, die vom Modiolus (dem zentralen Knochengerüst der Cochlea) ausgeht. Peripher ist der Ductus cochlearis an der äußeren Wand der Cochlea befestigt (Abb. 8.123).

Abb. 8.122



Häutiges Labyrinth.

Daher besitzt der im Querschnitt dreieckige Ductus cochlearis

- eine der knöchernen Cochlea anliegende äußere Wand, die aus verdicktem und mit Epithel ausgekleideten Periost besteht **(Ligamentum spirale)**
- ein Dach **(Membrana vestibuli, Reissner-Membran)**, das die Endolymphe des Ductus cochlearis von der Perilymphe der Scala vestibuli trennt und aus einer auf beiden Seiten mit Epithel bedeckten Bindegewebsschicht besteht
- einen Boden, der die Endolymphe des Ductus cochlearis von der Perilymphe der Scala tympani trennt und aus dem freien Ende der Lamina spiralis und aus einer Membran **(Basilarmembran)** besteht. Letztere erstreckt sich vom freien Ende der Lamina spiralis bis zu einem Vorsprung des Ligamentum spirale an der äußeren Wand der Cochlea.

Das **Organum spirale** ist das Hörorgan, das auf der Basilarmembran sitzt und in den mit Endolymphe gefüllten Ductus cochlearis ragt (Abb. 8.123).

Gefäße

Die arterielle Blutversorgung des Innenohrs erfolgt über Gefäße, die das knöcherne Labyrinth versorgen, und über Gefäße, die das häutige Labyrinth versorgen.

Das knöcherne Labyrinth wird durch dieselben Arterien wie das umgebende Os temporale versorgt. Dies sind die Arteria tympanica anterior aus der Arteria maxillaris, die Arteria stylomastoidea aus der Arteria auricularis posterior und der Ramus petrosus aus der Arteria meningea media.

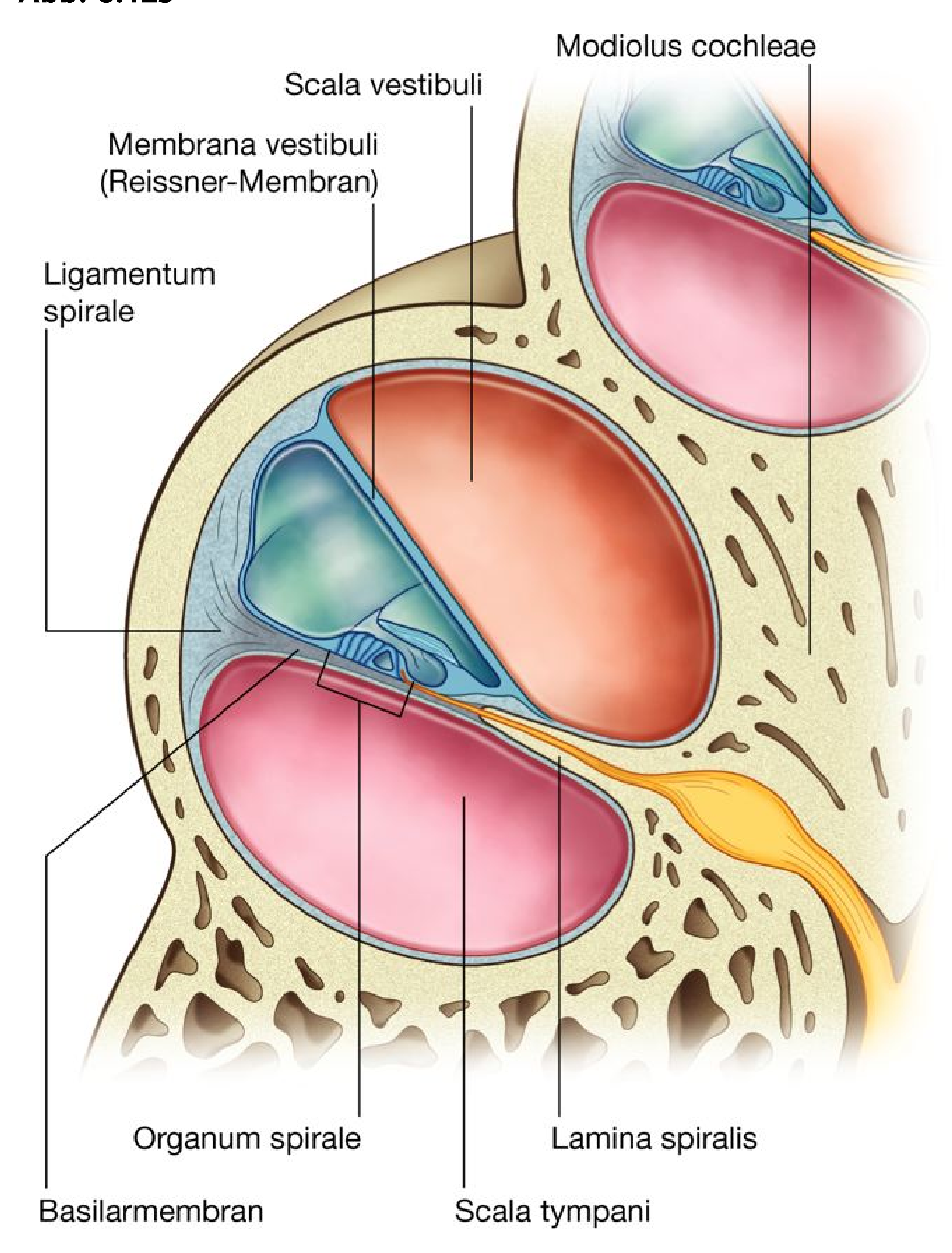
Das häutige Labyrinth wird über die **Arteria labyrinthi** (Endarterie) versorgt, die entweder aus der Arteria inferior anterior cerebelli abzweigt oder seltener direkt aus der Arteria basilaris. Meist bildet die Arteria inferior anterior cerebelli eine kleine Gefäßschlinge im Meatus acusticus internus, an der die Arteria labyrinthi entspringt. Unabhängig von ihrem Ursprung tritt sie gemeinsam mit dem Nervus facialis [VII] und dem Nervus vestibulocochlearis [VIII] durch den Meatus acusticus internus und teilt sich für gewöhnlich auf in

- einen **Ramus cochlearis**, der durch den Modiolus zieht und den Ductus cochlearis versorgt
- einen oder zwei **Rami vestibulares**, die den Vestibularapparat versorgen.

Der venöse Abfluss des häutigen Labyrinths erfolgt über Venae vestibulares und Venae cochleares, die zusammen mit den Arterien verlaufen. Sie vereinigen sich zur **Vena labyrinthi**, die schließlich entweder in den Sinus petrosus inferior oder in den Sinus sigmoideus einmündet.

902
903

Abb. 8.123



Querschnitt durch das häutige Labyrinth.

Innervation

Der Nervus vestibulocochlearis [VIII] (Nervus statoacusticus) führt sensorische Fasern für das Gehör (Nervus cochlearis) und für das Gleichgewicht (Nervus vestibularis). Nachdem er

das Os temporale durch den Meatus acusticus internus verlassen hat und durch die hintere Schädelgrube verlaufen ist, tritt er zwischen Pons und Medulla oblongata in die laterale Fläche des Hirnstamms ein.

Im Os temporale teilt sich der Nervus vestibulocochlearis am distalen Ende des Meatus acusticus internus auf in

- **Nervus cochlearis**
- **Nervus vestibularis**.

Der Nervus vestibularis verbreitert sich zum **Ganglion vestibulare** und spaltet sich danach in einen **oberen (Ramus superior)** und eine **unteren Ast (Ramus inferior)** auf, die zu den Bogengängen sowie zu Utriculus und Sacculus ziehen.

Der Nervus cochlearis tritt über die Basis cochleae ein und zieht im Modiolus nach kranial. Die Ganglienzellen des Nervus cochlearis liegen im Ganglion spirale, das sich an der Wurzel der Lamina spiralis um den Modiolus windet. Äste des Nervus cochlearis durchziehen die Lamina spiralis, um die Rezeptoren des Organum spirale zu innervieren.

Nervus facialis [VII] im Os temporale

Der Nervus facialis [VII] verläuft bei seinem Eintritt in den Meatus acusticus internus des Os temporale in unmittelbarer Nachbarschaft zum Nervus vestibulocochlearis [VIII]. In seinem Verlauf durch das Os temporale stehen Nervus stapedius und Chorda tympani in direkter Beziehung zu Innenohr und Mittelohr.

Der Nervus facialis [VII] tritt durch den Meatus acusticus internus in die Pars petrosa des Os temporale ein (Abb. 8.124A). Dabei begleiten ihn Nervus vestibulocochlearis [VIII] und Arteria labyrinthi.

Am distalen Ende des Meatus acusticus internus tritt der Nervus facialis [VII] in den Canalis facialis ein und verläuft in ihm zwischen Mittelohr und Innenohr nach lateral. Hier verbreitert sich der Nervus facialis [VII] zum **Ganglion geniculi** und biegt nach dorsal und lateral um. In seinem weiteren Verlauf im Canalis facialis biegt der Nervus facialis [VII] steil nach kaudal um und verläuft in nahezu vertikaler Richtung. Er verlässt die Schädelbasis durch das Foramen stylomastoideum (Abb. 8.124A).

Äste

Nervus petrosus major

Am Ganglion geniculi gibt der Nervus facialis [VII] als ersten Ast den Nervus petrosus major ab (Abb. 8.124A). Er verlässt das Ganglion geniculi (äußeres Fazialisknie), verläuft im Os temporale nach anteromedial und tritt am Hiatus nervi petrosi majoris auf der Facies anterior der Pars petrosa ossi temporalis unterhalb der Dura aus (Abb. 8.117). Der Nervus petrosus major führt präganglionäre parasympathische Fasern zum Ganglion pterygopalatinum.

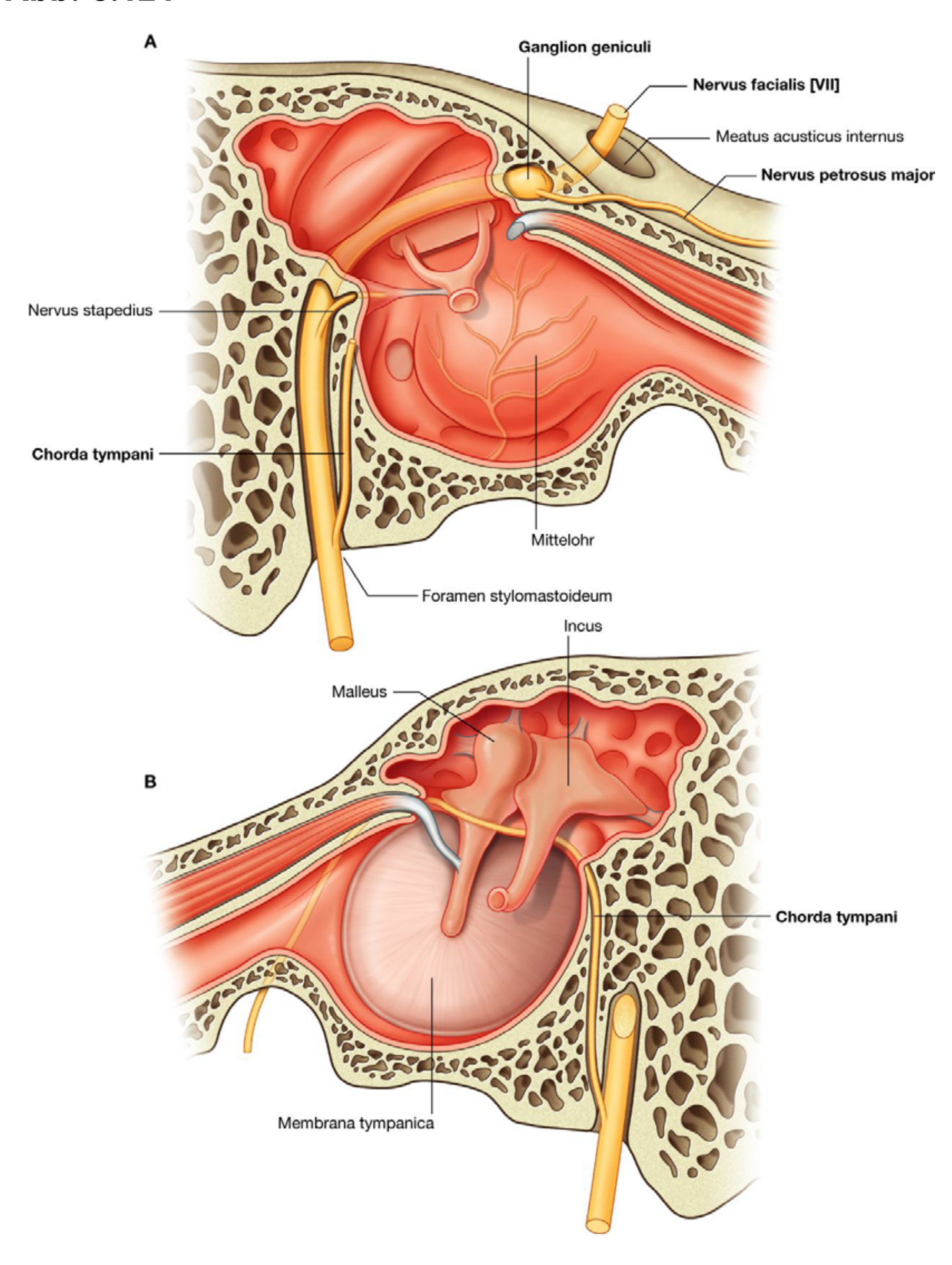
Der Verlauf des Nervus facialis [VII] ist nach seinem Umbiegen durch eine Vorwölbung an der medialen Wand des Mittelohrs gekennzeichnet (Promontorium nervi facialis; Abb. 8.116).

Nervus stapedius und Chorda tympani

Gleich am Anfang seines nach kaudal gerichteten Verlaufs gibt der Nervus facialis [VII] einen kleinen Ast ab, den Nervus stapedius (Abb. 8.124), der den Musculus stapedius innerviert. Kurz bevor der Nervus facialis [VII] den Schädel über das Foramen stylomastoideum verlässt, geht von ihm die Chorda tympani rückläufig ab.

Die Chorda tympani verlässt das Os temporale nicht sofort, sondern steigt nach kranial auf. Sie tritt durch die Hinterwand der Paukenhöhle (Paries mastoideus) und zieht dann im oberen Bereich des Trommelfells zwischen Malleus und Incus frei (nur von Schleimhaut bedeckt) durch die Paukenhöhle nach vorn (Abb. 8.124B). Sie verlässt das Mittelohr durch einen Kanal im Paries caroticus, der zur **Fissura petrotympanica** (dorsal des Kiefergelenks) führt. Über die Fissura petrotympanica (Glaser-Spalte) gelangt die Chorda tympani in die Fossa infratemporalis und lagert sich dem Nervus lingualis an. *(Es sei an dieser Stelle angemerkt, das der Durchtritt der Chorda tympani durch die Fissura petrotympanica anatomisch nicht ganz korrekt ist. Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass die Chorda tympani die Schädelbasis über die Fissura sphenopetrosa in enger Nachbarschaft zur Fissura petrotympanica verlässt. Da die Fissura petrotympanica aber in allen Lehrbüchern und Atlanten der Anatomie als Durchtrittsstelle angegeben wird, wird dies hier beibehalten.)*

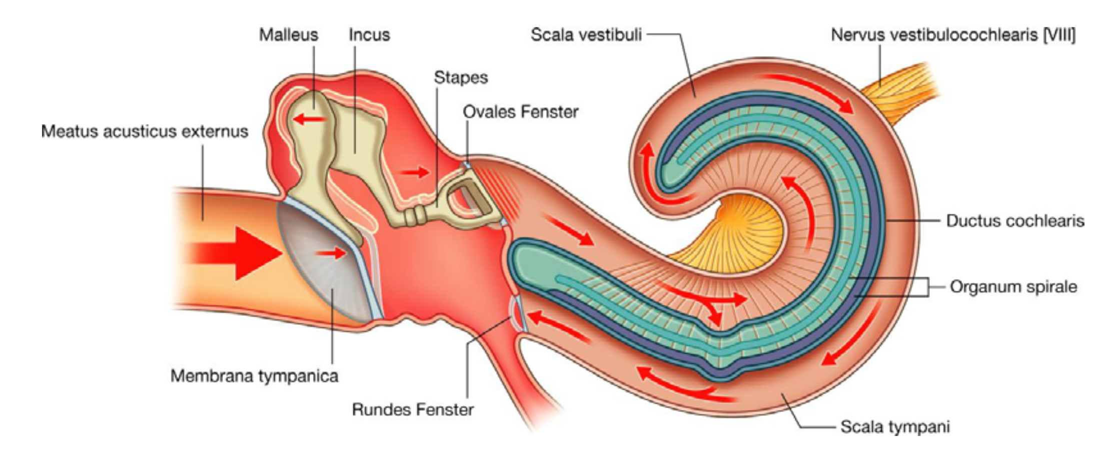
Abb. 8.124



A. Nervus facialis im Os temporale. **B**. Chorda tympani im Os temporale.

904

Abb. 8.125



Schallleitung.

Schallleitung

Eine Schallwelle wird über den Meatus acusticus externus aufgenommen, trifft auf das Trommelfell und bewegt es nach medial (Abb. 8.125). Da das Manubrium mallei am Trommelfell verankert ist, bewegt es sich ebenfalls nach medial, sodass das Caput mallei nach lateral bewegt wird. Da Caput mallei und Caput incudis miteinander artikulieren, werden auch das Caput incudis nach lateral ausgelenkt und das Crus longum des Incus nach medial gedrückt. Das Crus longum artikuliert mit dem Stapes. Aus der Bewegung resultiert eine Bewegung des Stapes nach medial. Dadurch wird wiederum die Stapesfußplatte in das ovale Fenster gedrückt.

Der gesamte Vorgang führt zur Umwandlung einer aus der Luft kommenden Schallwelle, die das Trommelfell in Schwingung versetzt (große Amplitude, geringe Energie), in eine Schwingung des ovalen Fensters (kleine Amplitude, hohe Energie), durch die die Perilymphe in der Scala vestibuli der Cochlea in Bewegung gerät.

Die sich in der Scala vestibuli ausbreitende Perilymphwelle setzt sich durch die Cochlea fort und verursacht eine Ausbeulung der Membran des runden Fensters am unteren Ende der Scala tympani (Abb. 8.125). Dadurch beginnt die Basilarmembran zu schwingen. Dabei kommt es zur Stimulation der Rezeptorzellen des Organum spirale.

Die Rezeptorzellen senden durch den Nervus cochlearis aus dem Nervus vestibulocochlearis [VIII] Signale an das Gehirn, die als Töne wahrgenommen werden.

Wenn Töne zu laut sind und es zu einer übermäßigen Bewegung der Membrana tympanica kommt, kontrahieren reflektorisch die Musculi tensores tympani (jeweils am Malleus befestigt) und die Musculi stapedii (jeweils am Stapes befestigt). Hierdurch wird die Gehörknöchelchenkette versteift, es werden weniger ausgeprägte Schwingung auf das ovale Fenster übertragen. Auch wenn ein lautes Geräusch nur auf ein Ohr trifft, kontrahieren die Muskeln beider Seiten. Man spricht von konsensueller Reaktion. Diesen Mechanismus kennt man auch von der Pupille. Beleuchtung eines Auges verengt die Pupillen auf beiden Seiten.

FOSSAE TEMPORALIS UND INFRATEMPORALIS

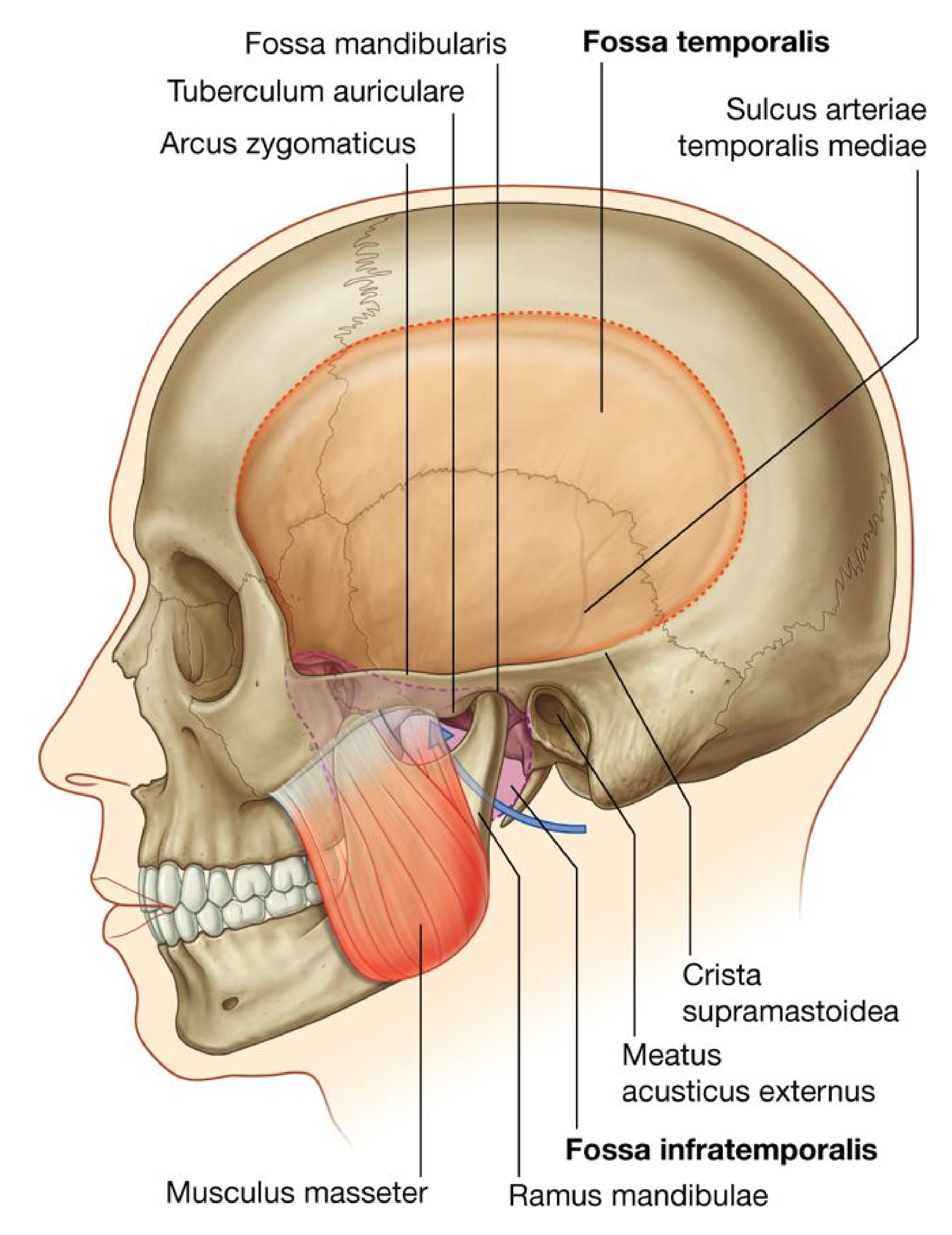
Die Fossa temporalis und die Fossa infratemporalis sind miteinander verbundene Räume an der lateralen Kopfseite (Abb. 8.126), die von Knochen und Weichgewebe begrenzt werden.

Die Fossa temporalis liegt oberhalb der Fossa infratemporalis über dem Arcus zygomaticus (Jochbogen) und geht über einen Spalt zwischen dem Arcus zygomaticus und der weiter medial gelegenen Oberfläche des Schädels in die Fossa infratemporalis über.

905

906

Abb. 8.126



Fossae temporalis und infratemporalis.

Die Fossa infratemporalis ist ein keilförmiger Raum tief unter dem Musculus masseter und dem darunterliegenden Ramus mandibulae. Sie wird von Strukturen durchquert, die durch die Kopfhöhle, den Hals, die Fossa pterygopalatina, den Boden der Mundhöhle, den Boden der Augenhöhle und die Fossa temporalis zu den oberflächlichen Regionen des Kopfes führen.

Von den vier Kaumuskeln (Musculi masseter, temporalis, pterygoideus medialis und pterygoideus lateralis), die den Unterkiefer am Kiefergelenk (Articulatio temporomandibularis) bewegen, liegt einer lateral der Fossa infratemporalis (Musculus masseter), zwei liegen in der Fossa infratemporalis (Musculi pterygoidei medialis und lateralis), und einer füllt die Fossa temporalis aus.

Knöchernes Gerüst

Die Knochen, die die Fossa temporalis und die Fossa infratemporalis begrenzen, sind das Os temporale, das Os zygomaticum, das Os sphenoidale, die Maxilla und die Mandibula.

Anteile des Os frontale und des Os parietale sind ebenso beteiligt.

Os temporale

Die Pars squamosa des Os temporale (Schläfenbein) ist an der knöchernen Begrenzung von Fossa temporalis und Fossa infratemporalis beteiligt.

Die Pars tympanica des Os temporale bildet den posteromedialen Anteil des Dachs der Fossa infratemporalis und hat außerdem über das Kiefergelenk Verbindung zum Kopf der Mandibula.

Die laterale Oberfläche der Pars squamosa des Os temporale ist durch zwei oberflächliche Strukturen an der medialen Seite der Fossa temporalis gekennzeichnet:

- eine transversal gerichtete **Crista supramastoidea**, die an der Basis des Processus zygomaticus beginnt und den unteren hinteren Rand der Fossa temporalis kennzeichnet
- einen vertikal gerichteten **Sulcus arteriae temporalis mediae**, der einen Ast der oberflächlichen Arteria temporalis führt.

Zwei Strukturen, die am Aufbau des Kiefergelenks am Unterrand der Basis des Processus zygomaticus beteiligt sind, sind das Tuberculum articulare und die Fossa mandibularis. Beide erstrecken sich von medial nach lateral. Hinter der Fossa mandibularis befindet sich der Meatus acusticus externus. Die Pars tympanica des Os temporale ist eine flache, konkave Knochenplatte, die unterhalb der Rückseite der Fossa mandibularis kurvenförmig verläuft und einen Teil der Wand des Meatus acusticus externus bildet.

Von unten betrachtet, sieht man deutlich die **Fissura tympanosquamosa** zwischen Pars tympanica und Pars squamosa des Os temporale. Medial vertieft sich ein kleines Stück Knochen der Pars petrosa des Os temporale und bildet so zwischen sich und der Pars tympanica die **Fissura petrotympanica** (Abb. 8.135).

An dieser Stelle tritt die Chorda tympani durch die mediale Seite der Fissura petrotympanica in die Fossa infratemporalis aus dem knöchernen Schädel aus.

Os sphenoidale

Die Anteile des Os sphenoidale (Keilbein), die die knöcherne Wand der Fossa infratemporalis bilden, sind die laterale Seite des Processus pterygoideus und die Ala major. Die Ala major stellt außerdem einen Teil der medialen Begrenzung der Fossa temporalis dar.

Die Alae majores gehen jeweils an einer Seite des Corpus ossis sphenoidalis ab. Sie erstrecken sich in laterale Richtung und krümmen sich nach oben. Die unteren und lateralen Flächen bilden jeweils das Dach der Fossa infratemporalis sowie die mediale Begrenzung der Fossa temporalis.

Die stark gewinkelte Abgrenzung zwischen der seitlichen und unteren Oberfläche der Ala major ist die **Crista infratemporalis**.

In der Basis der Ala major befinden sich zwei Öffnungen (Foramen ovale und Foramen spinosum), die dem Nervus mandibularis [V_3] und der Arteria meningea media den Durchtritt zwischen der mittleren Schädelgrube und der Fossa infratemporalis ermöglichen. Daneben gibt es noch eine oder mehrere kleine Öffnungen an der Basis der Ala major vor und medial des Foramen ovale, die es kleinen Venae emissariae erlauben, vom venösen Plexus pterygoideus in die Fossa infratemporalis und vom Sinus cavernosus in die mittlere Schädelgrube überzutreten.

906
907

Vertikal unter der Ala major und direkt medial des Foramen spinosum liegt die unregelmäßig geformte **Spina ossis sphenoidalis**, die als Befestigung des kranialen Endes des Ligamentum sphenomandibulare dient.

Die Lamina lateralis des Processus pterygoideus ist eine vertikal ausgerichtete Knochenplatte, die sich posterolateral vom Processus pterygoideus erstreckt. Ihre laterale und mediale Oberfläche dienen jeweils als Ursprungsort für die Musculi pterygoidei lateralis und medialis.

Maxilla

Die Hinterfläche der Maxilla ist an der vorderen Begrenzung der Fossa infratemporalis beteiligt. Die Oberfläche ist durch ein Foramen für den Nervus alveolaris superior posterior und für Gefäße gekennzeichnet. Der Oberrand bildet die untere Grenze der Fissura orbitalis inferior.

Os zygomaticum

Das Os zygomaticum (Jochbein) ist ein viereckig geformter Knochen, der den tastbaren knöchernen Vorsprung der Wange bildet:

- Ein **Processus maxillaris** erstreckt sich nach vorn medial, um mit dem Processus zygomaticus maxillae zu artikulieren.
- Ein **Processus frontalis** erstreckt sich nach oben, um mit dem Processus zygomaticus ossis frontalis zu artikulieren.
- Ein **Processus temporalis** erstreckt nach dorsal, um mit dem Processus zygomaticus ossis temporalis zu artikulieren und den Jochbogen zu ergänzen.

Eine kleine Öffnung an der lateralen Oberfläche des Os zygomaticum führt den Ramus zygomaticofacialis des Nervus zygomaticus und einige Gefäße zur äußeren Gesichtsregion.

Eine dünne Knochenplatte des Processus frontalis erstreckt sich nach hinten medial und bildet an einer Seite einen Teil der lateralen Orbitawand und an der anderen Seite einen Teil der vorderen Wand der Fossa temporalis. Mehrere Foramina in der Oberfläche der Fossa temporalis (an ihrer Grenze zum Processus frontalis) dienen dem Durchtriit der Endäste des Ramus zygomaticotemporalis.

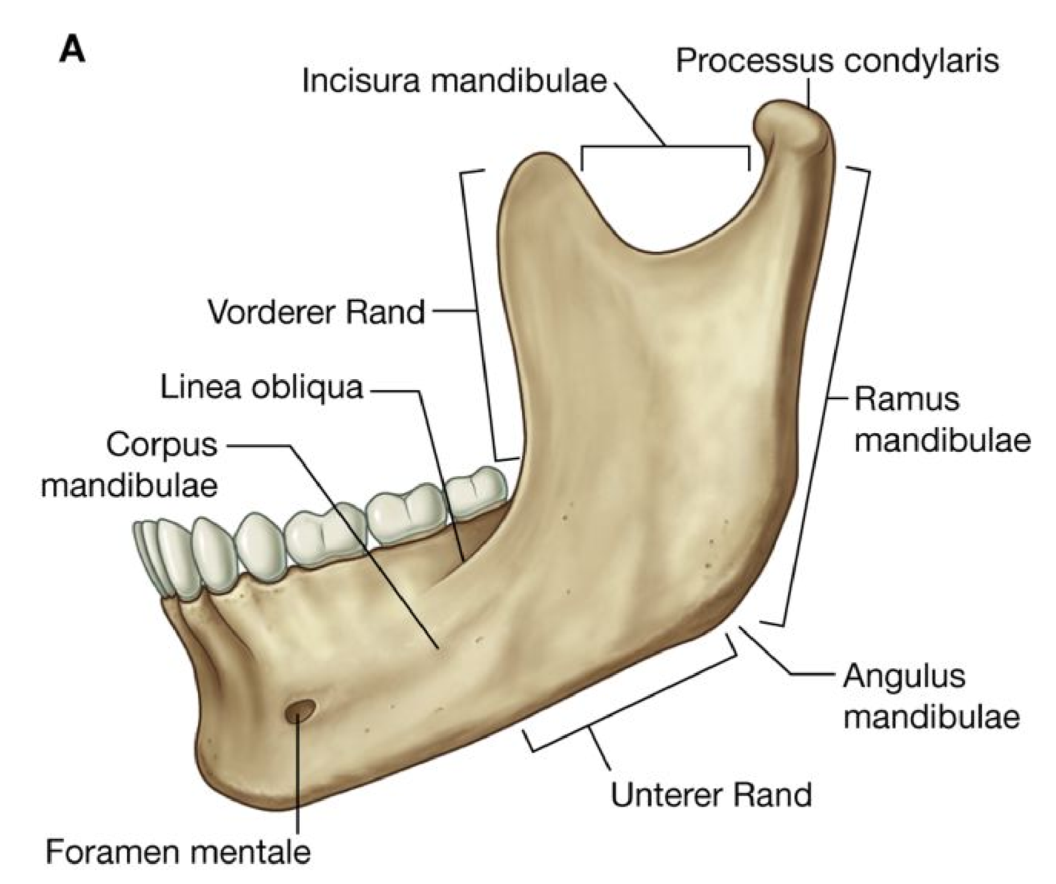
Ramus mandibulae

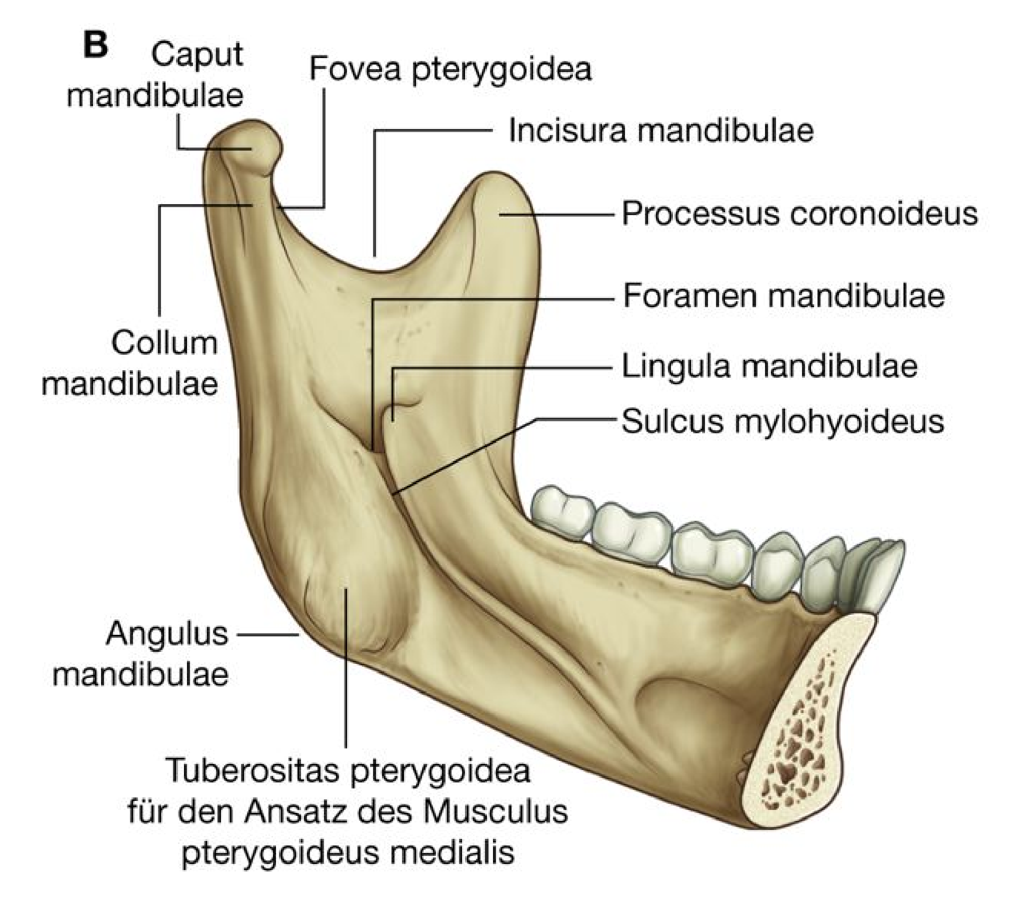
Der **Ramus mandibulae** ist viereckig, besitzt eine mediale und eine laterale Oberfläche, einen Processus condylaris und einen Processus coronoideus (Abb. 8.127).

Die laterale Oberfläche des Ramus mandibulae ist bis auf einige schräg verlaufende Kanten generell glatt. Der größte Teil der lateralen Oberfläche bildet die Ansatzfläche des Musculus masseter.

Hinterkante des Ramus mandibulae und Unterkante der Corpus mandibulae verschmelzen zum **Angulus mandibulae**. Zwischen Processus condylaris und Processus coronoideus des Ramus mandibulae liegt eine Einkerbung, die **Incisura mandibulae**. Die Vorderkante des Ramus mandibulae ist scharf und geht kaudal in die **Linea obliqua** des Corpus mandibulae über.

Abb. 8.127





Mandibula. **A**. Laterale Ansicht der linken Seite. **B**. Mediale Ansicht der linken Seite.

Der **Processus coronoideus** erstreckt sich oberhalb der Verbindungsstelle von der vorderen und oberen Kante des Ramus mandibulae. Er ist ein flacher, dreieckiger Vorsprung, der dem Musculus temporalis als Ansatz dient.

Der Processus condylaris setzt die Hinterkante des Ramus mandibulae nach oben fort. Er besteht aus:

- **Caput mandibulae**, das sich nach medial verbreitert und am Aufbau der Articulatio temporomandibularis beteiligt ist
- **Collum mandibulae**, das an seiner Vorderfläche als Ansatz für den Musculus pterygoideus lateralis eine kleine Grube **(Fovea pterygoidea)** besitzt.

Die mediale Oberfläche des Ramus mandibulae ist die laterale Begrenzung der Fossa infratemporalis (Abb. 8.127B). Ihr auffälligstes Merkmal ist das **Foramen mandibulae**, die obere Öffnung des Canalis mandibulae. Durch das Foramen treten der Nervus alveolaris inferior und die dazugehörigen Gefäße.

Gleich anterosuperior des Foramen mandibulae befindet sich ein dreieckiger Vorsprung **(Lingula mandibulae)** als Ansatz für das Ligamentum sphenomandibulare. Eine längliche Furche **(Linea mylohyoidea)** zieht unterhalb des Foramen mandibulae nach vorn. In dieser Furche verläuft der Nervus mylohyoideus.

Hinter und unterhalb der Furche und des Foramen mandibulae ist die mediale Oberfläche des Ramus mandibulae aufgeraut und dient dem Musculus pterygoideus medialis als Ansatzfläche.

Kiefergelenk

Die beiden Kiefergelenke **(Articulationes temporomandibulares)** ermöglichen das Öffnen und Schließen des Mundes sowie die komplexen Kau- und Mahlbewegungen des Unterkiefers.

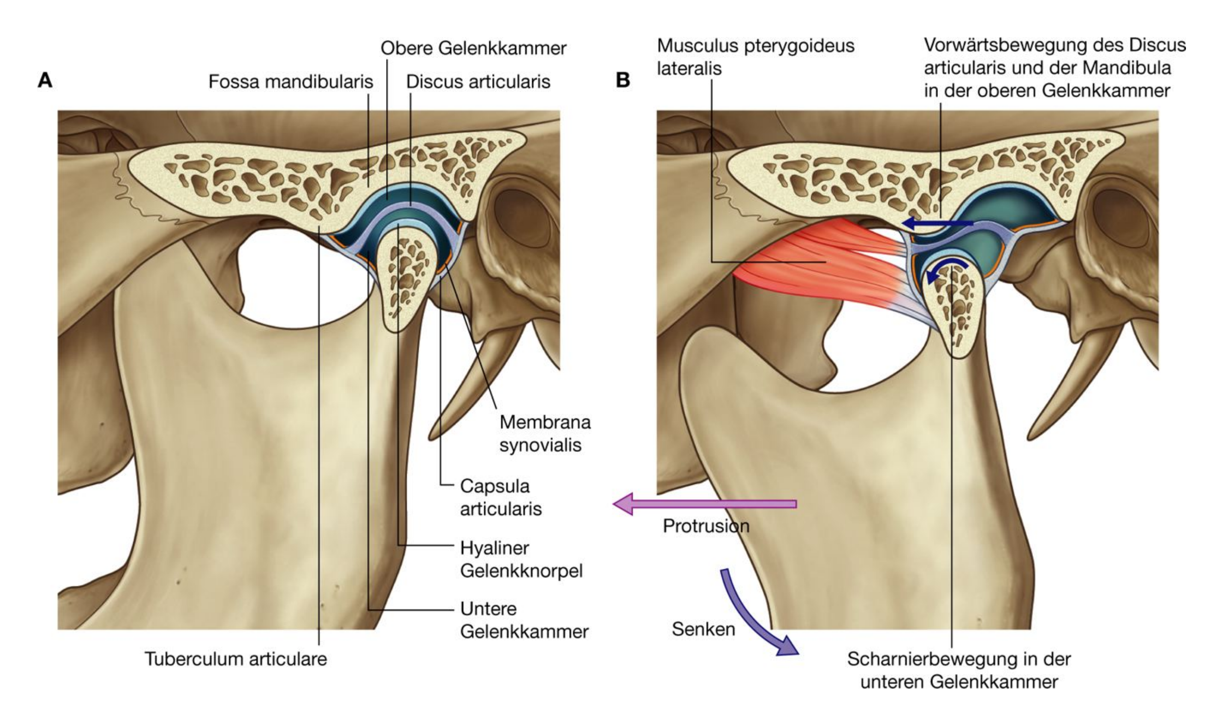
Beide Gelenke sind Diarthrosen (Articulationes synoviales) und befinden sich zwischen dem Caput mandibulae auf der einen Seite sowie der Fossa articularis und dem Tuberculum articulare des Os temporale auf der anderen Seite (Abb. 8.128A).

Wie in allen anderen Diarthrosen sind die Gelenkflächen der Knochen von einer Schicht hyalinen Gelenkknorpels überzogen. Außerdem wird das Gelenk von einem faserknorpeligen **Discus articularis** vollständig in zwei Kammern geteilt (dithalamisches Gelenk):

- Die untere Kammer ermöglicht die scharnierähnlichen Öffnungs- und Schließbewegungen der Mandibula.
- Die obere Kammer ermöglicht dem Caput mandibulae, vorwärts auf das Tuberculum articulare (Protrusion) und zurück in die Fossa mandibularis (Retraktion) zu gleiten.

Das Öffnen des Mundes ist eine Kombination aus Scharnier- und Gleitbewegung.

Abb. 8.128



Kiefergelenk. **A**. Geschlossener Mund. **B**. Geöffneter Mund.

908

909

Die Vorschub- oder Protrusionsbewegungen (Gleiten des Mandibulaköpfchens auf den Tuberculumabhang) erleichtern das Senken des Unterkiefers.

Gelenkkapsel (Capsula articularis)

Die **Membrana synovialis** der Gelenkkapsel kleidet alle Innenflächen mit Ausnahme des Gelenkknorpels und des Discus articularis in der oberen und in der unteren Kammer aus. Sie ist am Rande des Discus articularis befestigt.

Die **Membrana fibrosa** der Gelenkkapsel umgibt das Kiefergelenk komplett und ist folgendermaßen befestigt:

- oben entlang dem Vorderrand des Tuberculum articulare
- lateral und medial entlang den Rändern der Fossa articularis
- hinten im Bereich der Sutura tympanosquamosa
- unterhalb des oberen Anteils des Collum mandibulae.

Der Discus articularis ist ringsherum am inneren Teil der Membrana fibrosa befestigt.

Discus articularis

Der Discus articularis teilt das Kiefergelenk in eine obere und in eine untere Kammer. Er besteht von vorn nach hinten aus vier Zonen:

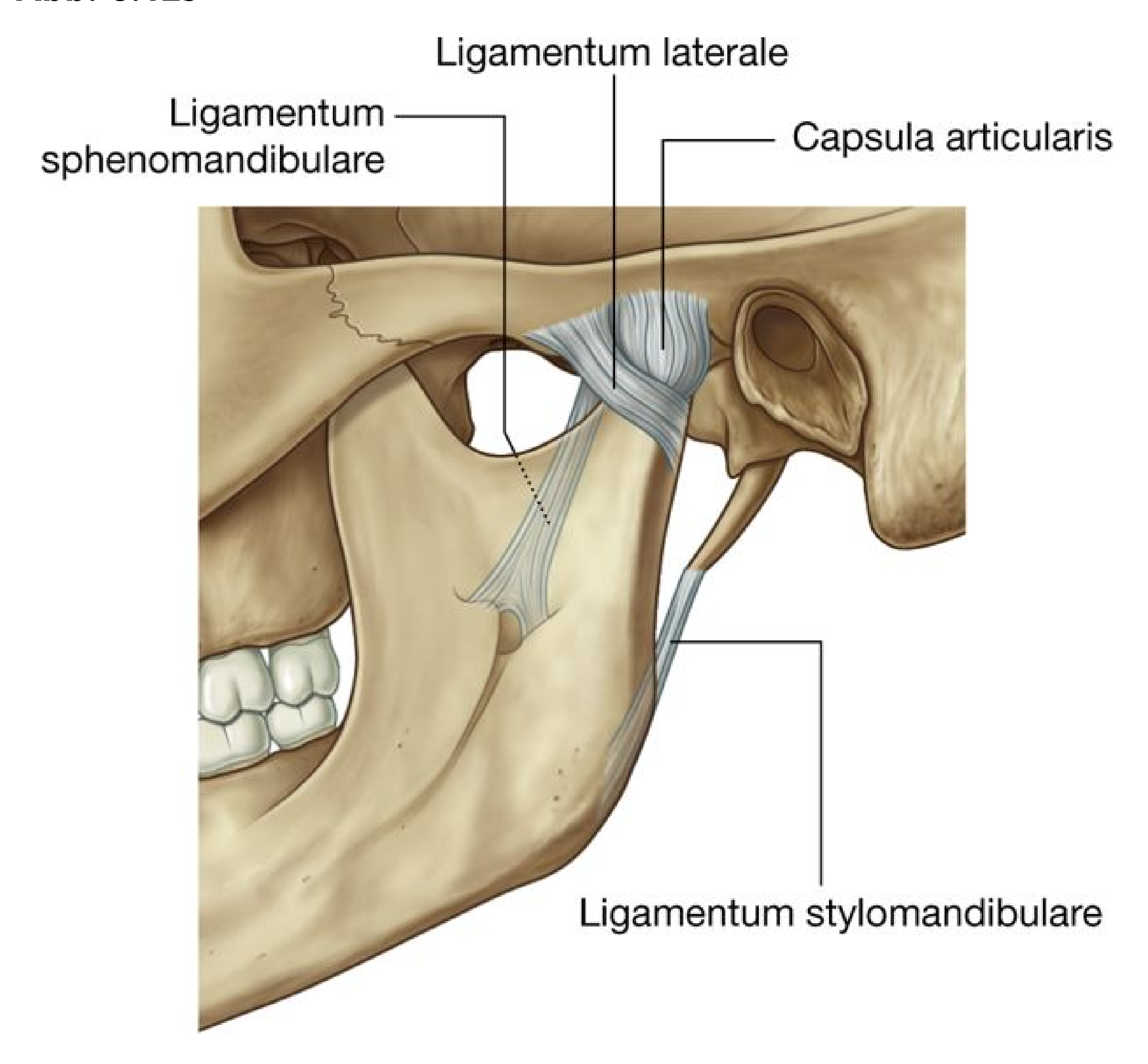
- dem dicken vorderen Band (Übergang von straffem kollagenem Bindegewebe in Faserknorpel)
- der dünnen Intermediärzone (Faserknorpel)
- dem kräftigen hinteren Band (Übergang von Faserknorpel in straffes kollagenes Bindegewebe)
- der bilaminären Zone (Aufteilung straffen kollagenen Bindegewebes in zwei Anteile: einen aufsteigenden Anteil, der am Schädeldach vor und über dem elastischen Knorpel des äußeren Gehörgangs inseriert, und einen absteigenden Anteil, der auf der Rückseite der Mandibula im Bereich des Collum mandibulae inseriert).

Extrakapsuläre Verstärkungsbänder

Vier außerhalb der Gelenkkapsel liegende Bänder sind mit dem Kiefergelenk verbunden: das Ligamentum laterale, das Ligamentum mediale, das Ligamentum sphenomandibulare und das Ligamentum stylomandibulare (Abb. 8.129).

- Die **Ligamenta laterale** und **mediale** verlaufen am nächsten zur Gelenkkapsel. Sie liegen lateral bzw. medial und etwas vor der Gelenkkapsel und ziehen von der Außenbzw. Innenseite des Arcus zygomaticus schräg rückwärts zum Collum mandibulae.
- Das **Ligamentum sphenomandibulare** liegt medial des Kiefergelenks und verläuft von der Spina ossis sphenoidalis an der Schädelbasis zur Lingula mandibulae an der Innenseite des Ramus mandibulae.
- Das **Ligamentum stylomandibulare** zieht vom Processus styloideus ossis temporalis zum Hinterrand des Angulus mandibulae.

Abb. 8.129



Bänder am Kiefergelenk.

Bewegungen der Mandibula

Eine Kau- oder Mahlbewegung kommt zustande, wenn die Bewegungen im Kiefergelenk der einen Seite mit denen der anderen Seite koordiniert ablaufen. Zu den Bewegungen im Kiefergelenke gehören das Senken (Abduktion), das Heben (Adduktion), das Vorschieben (Protrusion), das Zurückschieben (Retrusion) und Mahlbewegungen (Seitwärtsschieben – Laterotrusion) der Mandibula (Abb. 8.130):

- Die **Abduktion** des Unterkiefers wird durch den Venter anterior des Musculus digastricus, den Musculus geniohyoideus und den Musculus mylohyoideus beider Seiten bewirkt. Normalerweise tragen die Schwerkraft sowie der Musculus pterygoideus lateralis (Pars inferior), der das Caput mandibulae auf das Tuberculum articulare zieht, zur Einleitung der Bewegung bei.

- Die **Adduktion** des Unterkiefers ist eine sehr kraftvolle Bewegung (Zubeißen). Daran sind die Musculi temporalis (wichtigster Adduktor), masseter und pterygoideus medialis sowie die Pars superior des Musculus pterygoideus lateralis beteiligt. Letztere fixiert das Caput mandibulae auf dem Tuberculum articulare (Tuberculumabhang).
- Die **Protrusion** wird in erster Linie vom Musculus pterygoideus lateralis und teilweise auch vom vorderen Anteil des Musculus masseter durchgeführt.
- Die **Retrusion** erfolgt durch den Musculus geniohyoideus und den Venter posterior des Musculus digastricus sowie jeweils durch die hinteren und tief liegenden Anteile des Musculus temporalis und des Musculus masseter.

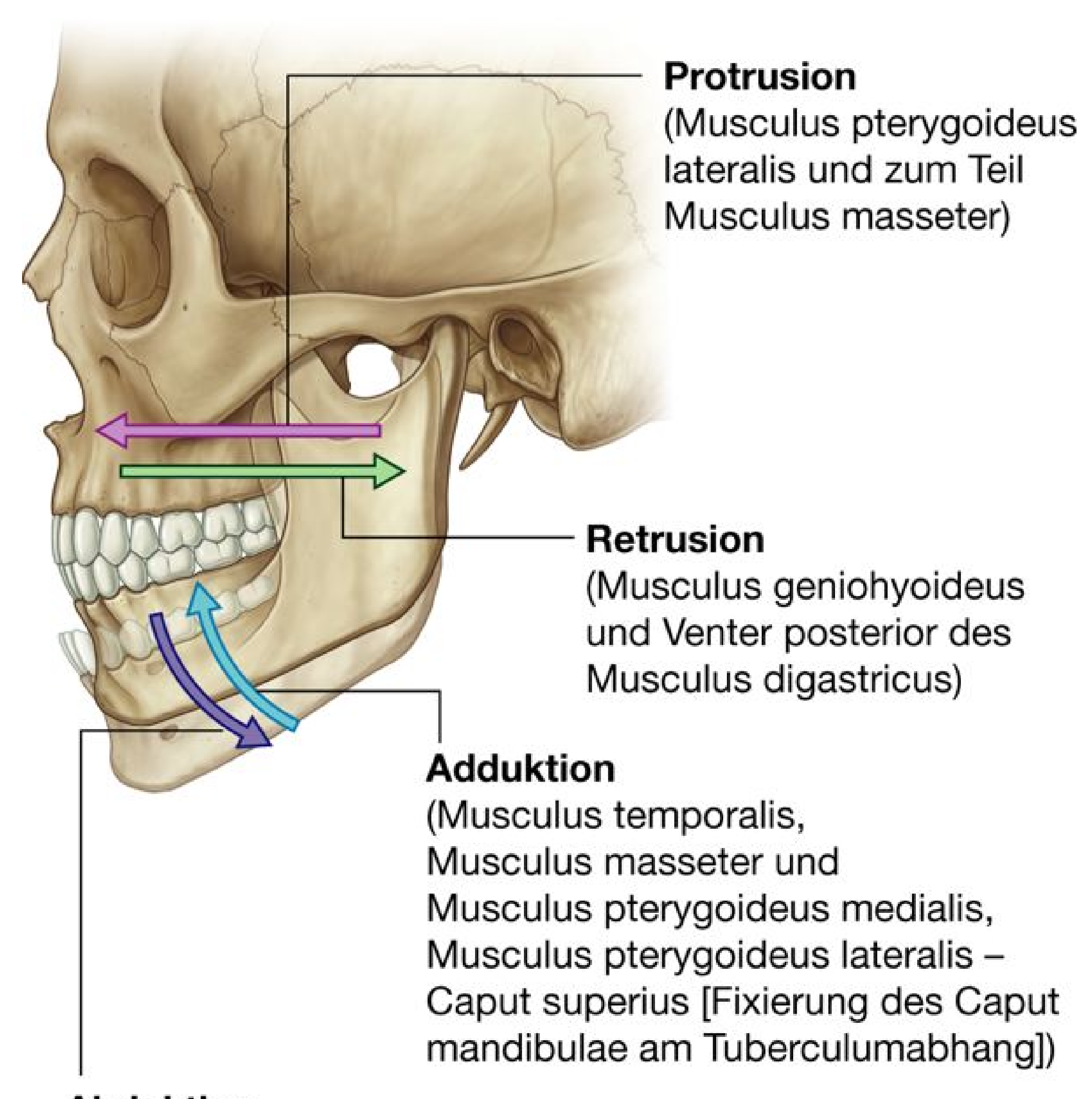
909

910

- An der **Mahlbewegung** ist immer nur ein Kiefergelenk aktiv beteiligt. Auf der Seite, auf der gekaut wird (Balanceseite; Mediotrusionsseite), sitzt der **„schwingende Condylus“** (Translationscondylus). Die Gegenseite (Arbeitsseite; Laterotrusionsseite) bildet der **„ruhende Condylus“** (Rotationscondylus). Die Laterotrusion wird durch den Musculus pterygoideus lateralis sowie in geringerem Maße durch den Musculus masseter hervorgerufen. Die beiden Muskeln führen den Unterkiefer auf der **Arbeitsseite** nach vorn. Der Musculus temporalis stabilisiert auf der **Balanceseite** (ruhende Seite) den Condylus im Kiefergelenk.

Mit Ausnahme des Musculus geniohyoideus, der durch den Spinalnerv C1 innerviert wird, werden alle anderen Muskeln, die das Kiefergelenk bewegen, aus Ästen des Nervus mandibularis innerviert, die in der Fossa infratemporalis entspringen.

Abb. 8.130



Bewegungen des Kiefergelenks.

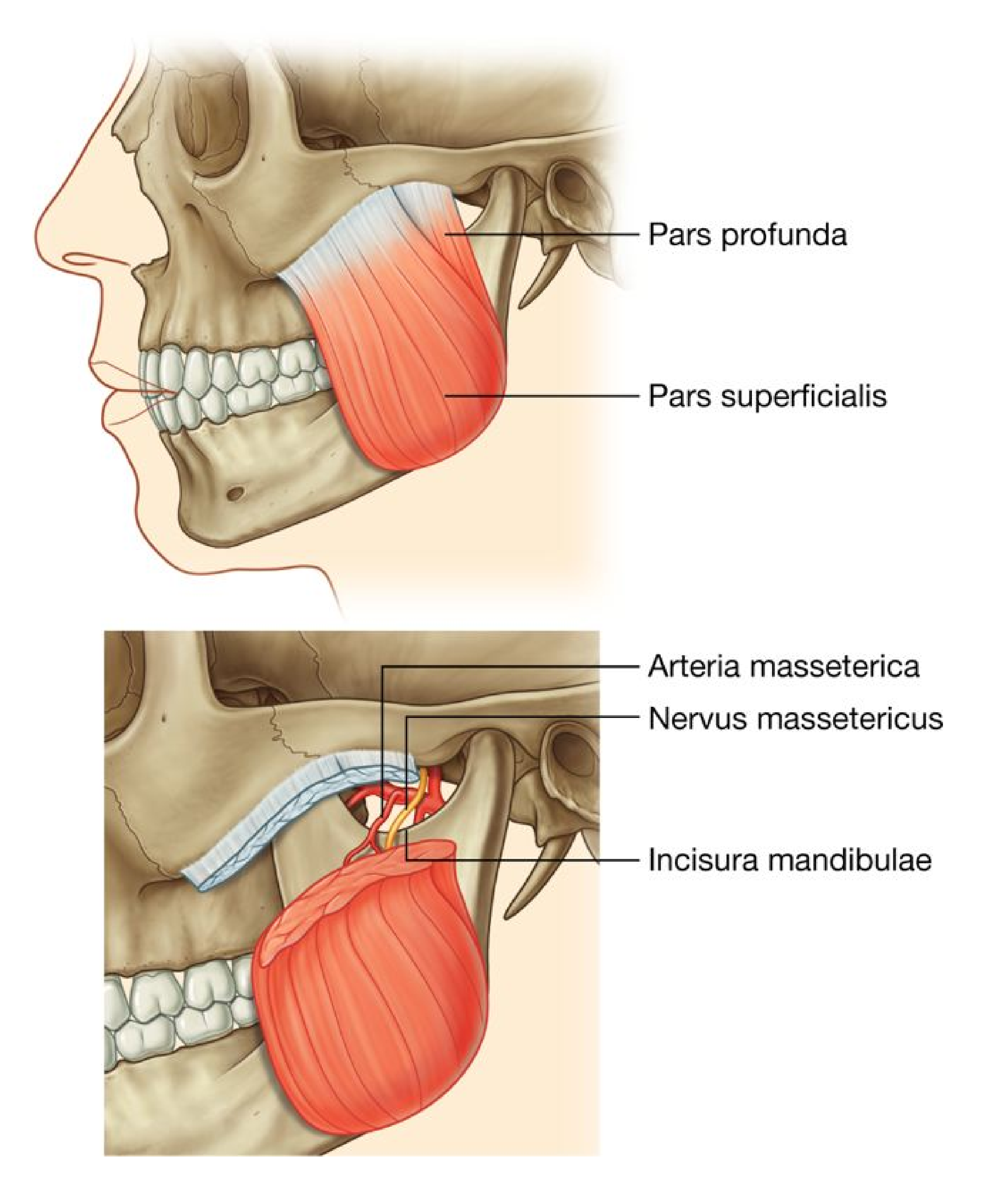
Musculus masseter

Der Musculus masseter ist ein kräftiger Kaumuskel, der den Unterkiefer anhebt (Abb. 8.131 und Tab. 8.11). Er liegt über der lateralen Fläche des Ramus mandibulae.

Der Musculus masseter ist viereckig und kranial am Arcus zygomaticus sowie kaudal an der Tuberositas masseterica des Ramus mandibulae befestigt.

Die **Pars superficialis** des Musculus masseter entspringt am Processus maxillaris des Os zygomaticum und an den vorderen zwei Dritteln des Processus zygomaticus der Maxilla. Sie setzt am Angulus mandibulae sowie an der Tuberositas masseterica des Ramus mandibulae an.

Abb. 8.131



Musculus masseter.

Die **Pars profunda** des Musculus masseter entspringt an der Innenfläche und dem hinteren Drittel des Unterrandes des Os zygomaticum. Sie setzt am zentralen und oberen Anteil des Ramus mandibulae in Höhe des Processus coronoideus an.

Der Musculus masseter wird vom Nervus massetericus, einem Ast des Nervus mandibularis [V_3], innerviert und aus der Arteria masseterica, einem Ast der Arteria maxillaris, mit Blut versorgt.

Nervus massetericus und Arteria masseterica entspringen in der Fossa infratemporalis und verlaufen seitlich über den Rand der Incisura mandibulae, um in die Tiefe des Musculus masseter zu gelangen.

Fossa temporalis

Die Fossa temporalis ist eine schmale, fächerförmige Vertiefung an der lateralen Oberfläche des Schädels (Abb. 8.132A):

- Ihr oberer Rand ist durch zwei Lineae temporales angedeutet, die bogenförmig vom Processus zygomaticus des Os frontale bis zur Crista supramastoidea des Os temporale verlaufen.

910

911

- Lateral wird sie von der **Fascia temporalis** begrenzt, einer fächerförmigen, über dem Musculus temporalis liegenden Aponeurose, die mit ihrem äußeren Rand an der Linea temporalis superior und mit ihrem unteren Rand am Arcus zygomaticus befestigt ist.
- Vorn wird sie von der hinteren Fläche des Processus frontalis des Os zygomaticum und des Processus zygomaticus des Os frontale begrenzt, die die Fossa temporalis von der Orbita trennen.
- Ihre untere Begrenzung wird lateral vom Arcus zygomaticus und medial von der Crista infratemporalis der Ala major des Os sphenoidale gebildet (Abb. 8.132B). Zwischen diesen beiden Strukturen ist der Boden der Fossa temporalis medial zur Fossa infratemporalis und lateral zur Loge des Musculus masseter geöffnet.

Tab. 8.11 Kaumuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus masseter	Arcus zygomaticus und Processus maxillaris ossis zygomatici	Außenfläche des Ramus mandibulae	Nervus massetericus des Truncus anterior des Nervus mandibularis [V3]	Kieferschluss und Mahlbewegung; Vorschieben des Unterkiefers (nur vorderer Teil)
Musculus temporalis	Knöcherne Wand der Fossa temporalis und Fascia temporalis	Processus coronoideus mandibulae und Vorderrand des Ramus mandibulae fast bis zum letzten Molaren	Nervi temporales profundi des Truncus anterior des Nervus mandibularis [V3]	Kieferschluss und Zurückschieben des Kiefers (nur hinterer Teil bei Mahlbewebung); stabilisiert den ruhenden Condylus bei der Mahlbewegung
Musculus pterygoideus medialis	Tiefer Teil – mediale Fläche der Lamina lateralis des Processus pterygoideus und am Processus pyramidalis des Os palatinum; oberflächlicher Teil – Tuberositas und Processus pyramidalis maxillae	Mediale Fläche der Mandibula nahe dem Angulus mandibulae	Nervus pterygoideus medialis des Nervus mandibularis [V3]	Kieferschluss
Musculus pterygoideus lateralis	Pars superior – Dach der Fossa infratemporalis; Pars inferior – Lamina lateralis des Processus pterygoideus	Kapsel der Articulatio temporomandibularis nahe an der Befestigungsstelle des Discus articularis und an der Fovea pterygoidea am Collum mandibulae	Nervus pterygoideus lateralis direkt aus dem Truncus anterior des Nervus mandibularis [V3] oder vom Ramus buccalis	Pars superior: spannt Discus articularis, zieht Condylus auf den Tuberculumabhang und fixiert das Caput mandibulae; Pars inferior: Mahlbewegungen (zieht Mandibula nach vorn und zur Gegenseite) und Vorschieben des Unterkiefers; Einleitung der Abduktion des Unterkiefers

Inhalt

Die auffälligste Struktur in der Fossa temporalis ist der Musculus temporalis.

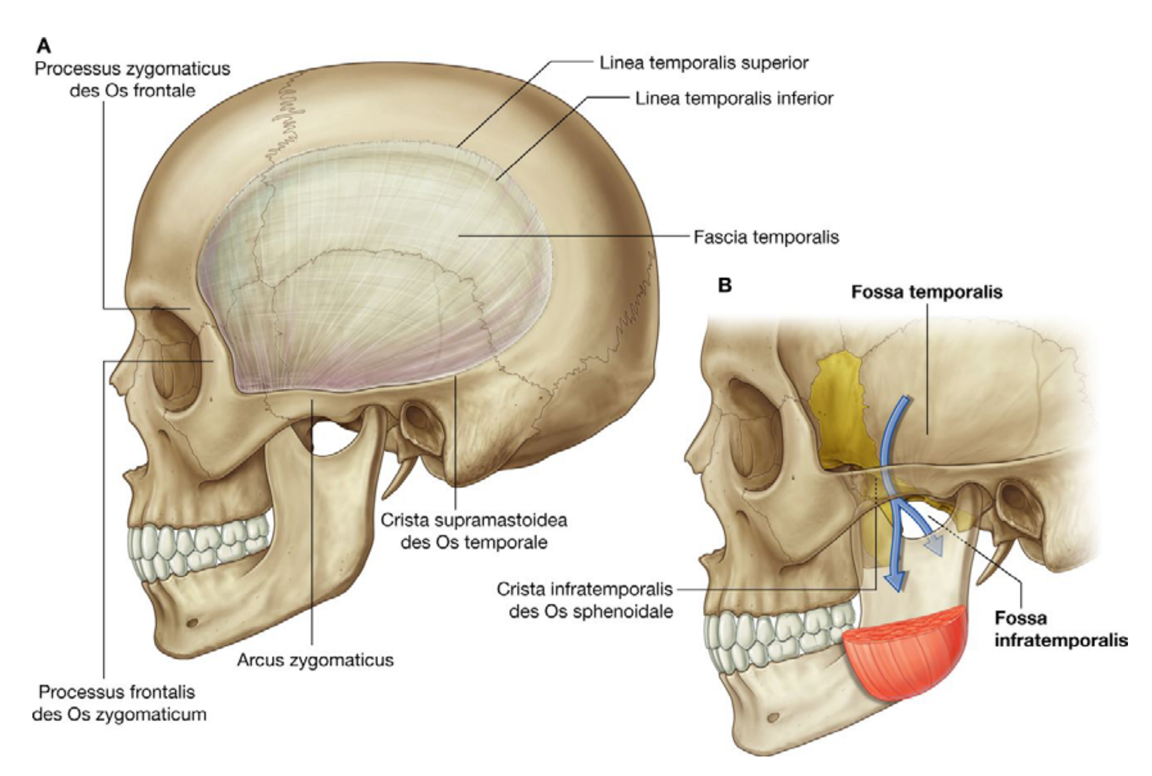
Durch die Fossa temporalis ziehen außerdem die Äste des Nervus zygomaticotemporalis aus dem Nervus maxillaris [V_3], die über die Öffnungen des Os zygomaticum eintreten.

Musculus temporalis

Der Musculus temporalis ist ein großer, fächerförmiger Muskel, der den überwiegenden Teil der Fossa temporalis füllt (Abb. 8.133). Er entspringt von der knöchernen Oberfläche der Fossa temporalis oberhalb der Linea temporalis inferior und ist seitlich an der Oberfläche der Fascia temporalis befestigt. Die vorderen Fasern sind vertikal ausgerichtet; die weiter hinten liegenden Fasern verlaufen horizontal. Sie konvergieren unten und bilden dabei eine Sehne, die zwischen dem Arcus zygomaticus und der Crista infratemporalis der Ala major des Os sphenoidale hindurchzieht, um am Processus coronoideus der Mandibula anzusetzen.

911
912

Abb. 8.132



Fossa temporalis. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht auf die Fossa infratemporalis von lateral.

Der Ansatz des Musculus temporalis befindet sich kaudal an der Vorderfläche des Processus coronoideus sowie entlang dem entsprechenden Rand des Ramus mandibulae fast hinunter bis zum letzten Molaren.

Der Musculus temporalis ist der stärkste Kaumuskel und ein kräftiger Heber des Unterkiefers. Da im Rahmen der Mahlbewegung ein Rückschieben des Caput mandibulae vom Tuberculum articulare (Tuberculumabhang) des Os temporale zurück in die Fossa

mandibularis nötig ist, zieht er den Unterkiefer nach hinten. Außerdem ist er an Seitwärtsverschiebungen des Unterkiefers beteiligt.

Der Musculus temporalis wird von den Nervi temporales profundi innerviert, die in der Fossa infratemporalis vom Nervus mandibularis [V_3] abgehen und anschließend unter dem Muskel in die Fossa temporalis übertreten.

Die Blutversorgung des Muskels erfolgt aus Arteriae temporales profundae, die mit den entsprechenden Nerven verlaufen, sowie aus der Arteria temporalis superficialis, die die Fascia temporalis am hinteren Ende des Arcus zygomaticus durchbricht.

Nervi temporales profundi

Innerhalb der Fossa infratemporalis verlassen die Nervi temporales profundi (normalerweise zwei) den Truncus anterior des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.134). Sie verlaufen über und um die Crista infratemporalis der Ala major herum, um in der Fossa temporalis tief in den Musculus temporalis einzudringen und ihn dabei zu innervieren.

Nervus zygomaticotemporalis

Der Nervus zygomaticotemporalis ist ein Ast des Nervus zygomaticus, der wiederum ein Ast des Nervus maxillaris [V_2] ist und in der Fossa pterygopalatina entspringt.

Der Ramus zygomaticotemporalis tritt durch ein oder mehrere kleine Löcher in der Oberfläche der Fossa temporalis in diese ein.

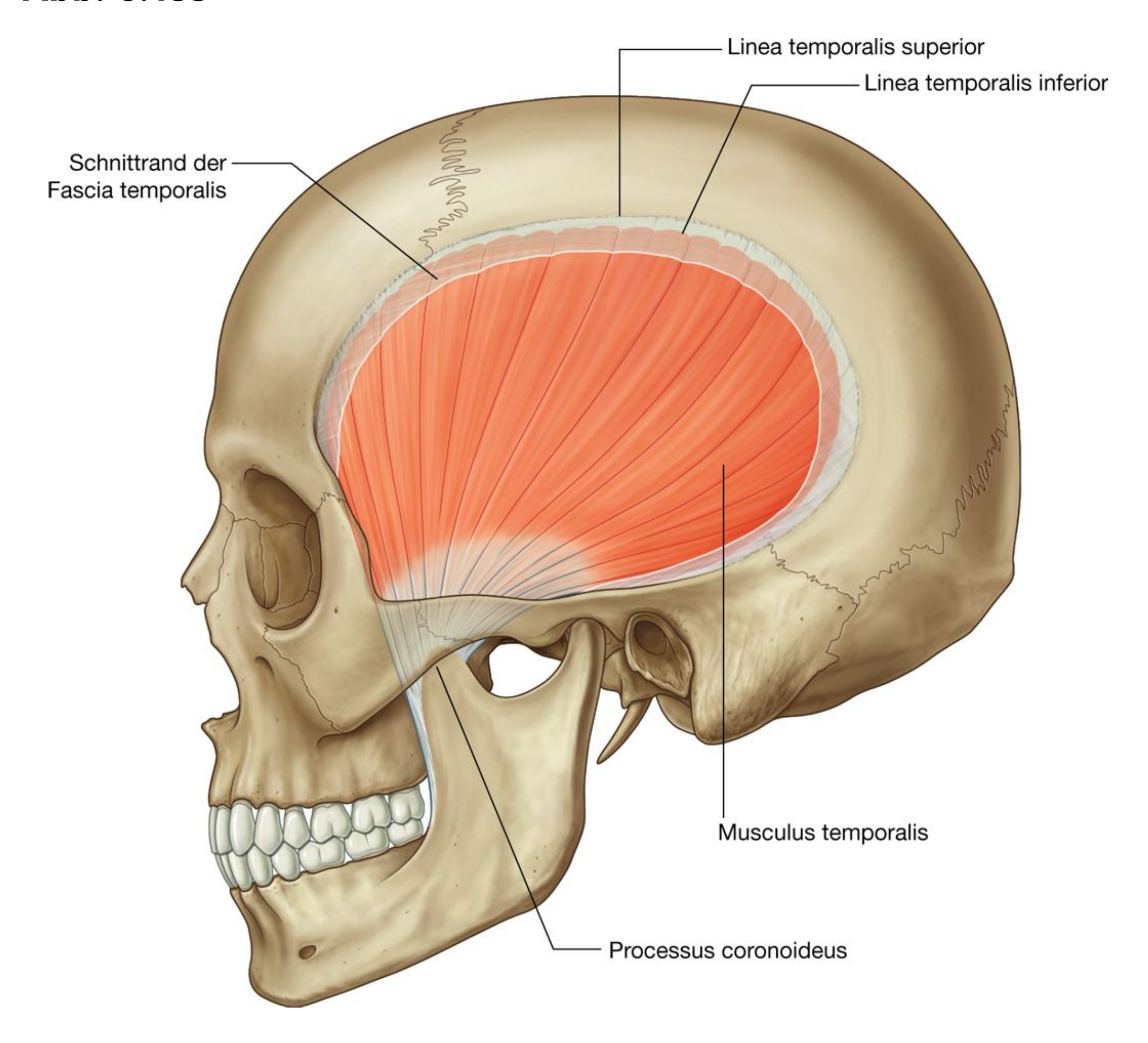
Äste des Ramus zygomaticotemporalis steigen kranialwärts zwischen Knochen und Musculus temporalis auf, durchbrechen die Fascia temporalis und innervieren die Kopfschwarte im Bereich der Schläfe (Abb. 8.134).

Arteriae temporales profundae

Die Arteriae temporales profundae (normalerweise zwei) entspringen in der Fossa infratemporalis aus der Arteria maxillaris und ziehen mit den Nervi temporales profundi um die Crista infratemporalis der Ala major des Os sphenoidale, um den Musculus temporalis arteriell zu versorgen (Abb. 8.134). Sie anastomosieren mit Ästen der Arteria temporalis media.

912
913

Abb. 8.133



Musculus temporalis. Ansicht von lateral.

Arteria temporalis media

Direkt oberhalb der Wurzel des Arcus zygomaticus und vor der Ohrmuschel entspringt die Arteria temporalis media aus der Arteria temporalis superficialis (Abb. 8.134). Sie durchbricht die Fascia temporalis, zieht unter dem Rand des Musculus temporalis hindurch und an der Hinterseite des Musculus temporalis nach kranial.

Die Arteria temporalis media versorgt den Musculus temporalis mit Blut und anastomosiert mit Ästen der Arteriae temporales profundae.

Fossa infratemporalis

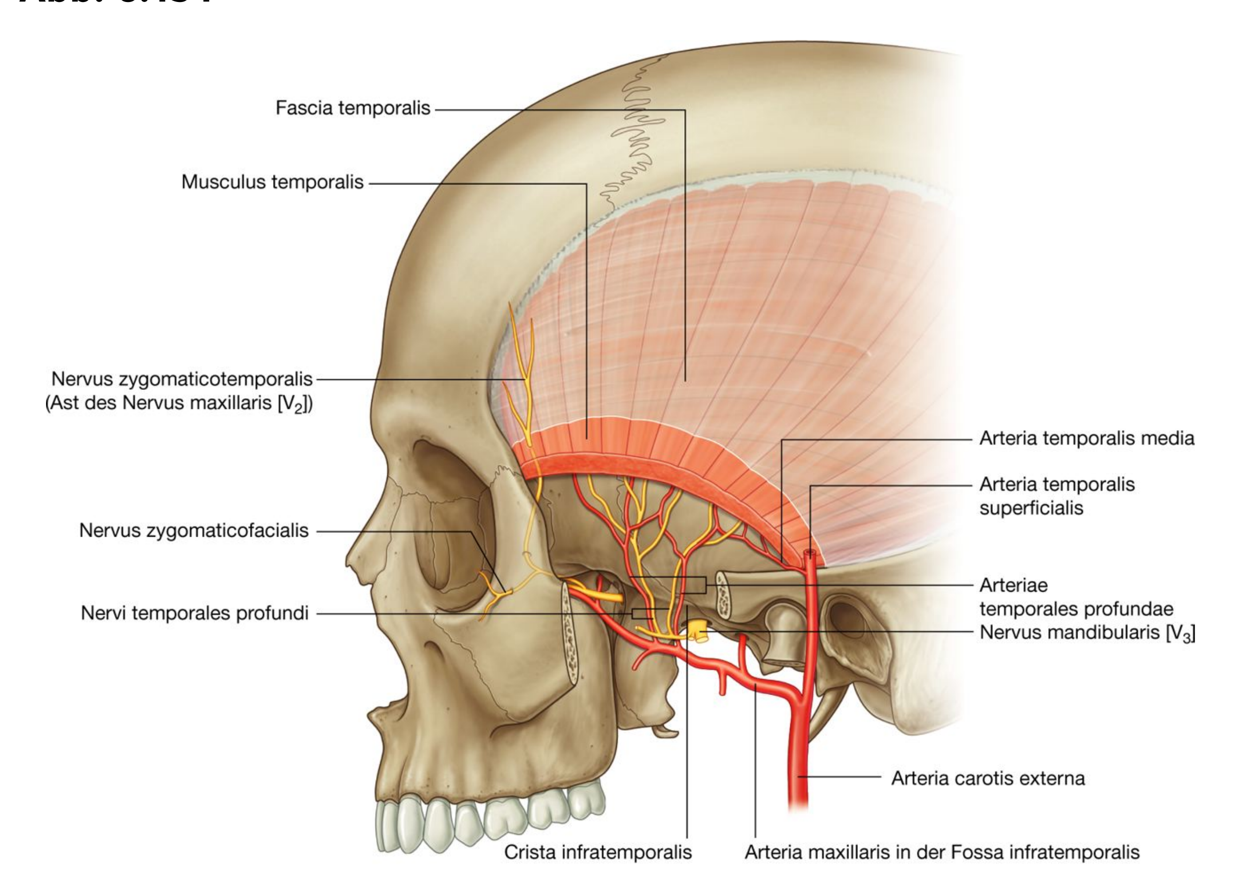
Zwischen dem Ramus mandibulae auf der lateralen Seite und den Begrenzungen des Pharynx auf der medialen Seite liegt unterhalb der Fossa temporalis die keilförmige Fossa infratemporalis. Sie hat ein Dach, eine laterale Wand und eine mediale Wand und ist in Richtung Hals, also nach hinten und unten, offen (Abb. 8.135).

- Das **Dach**, das vom Planum infratemporale der Ala major ossis sphenoidale und dem Os temporale gebildet wird, enthält das Foramen spinosum, das Foramen ovale und die Fissura petrotympanica. Lateral der Crista infratemporalis der Ala major ist die Fossa infratemporalis nach oben zur Fossa temporalis geöffnet.
- Die **laterale Wand** besteht aus der medialen Fläche des Ramus mandibulae; sie enthält die Öffnung (Foramen mandibulae) in den Canalis mandibulae.
- Die **mediale Wand** wird vorn von der Lamina lateralis processus pterygoidei und hinten vom Pharynx sowie von zwei Muskeln des weichen Gaumens (Musculi tensor und levator veli palatini) gebildet. Vorn liegt ferner die Fissura pterygomaxillaris als Übergang zwischen den Fossae infratemporalis und pterygopalatina.
- Die **Vorderwand** wird von einem Teil der Hinterfläche der Maxilla gebildet; sie enthält das Foramen alveolare, und ihr oberer Anteil öffnet sich als Sulcus (oder Canalis) infraorbitalis in die Orbita.

913

914

Abb. 8.134



Nerven und Arterien der Fossa temporalis.

Inhalt

Zu den wichtigsten Strukturen der Fossa temporalis gehören das Ligamentum sphenomandibulare, die Musculi pterygoidei medialis und lateralis (Tab. 8.11), die Arteria

maxillaris, der Nervus mandibularis [V_3], Äste des Nervus facialis [VII] sowie der Nervus glossopharyngeus [IX] und der venöse Plexus pterygoideus.

Ligamentum sphenomandibulare

Das Ligamentum sphenomandibulare ist ein extrakapsuläres Band des Kiefergelenks. Es ist oben an der Spina ossis sphenoidalis befestigt und zieht bis zur Lingula mandibulae und zum Hinterrand des Foramen mandibulae (Abb. 8.136).

Musculus pterygoideus medialis

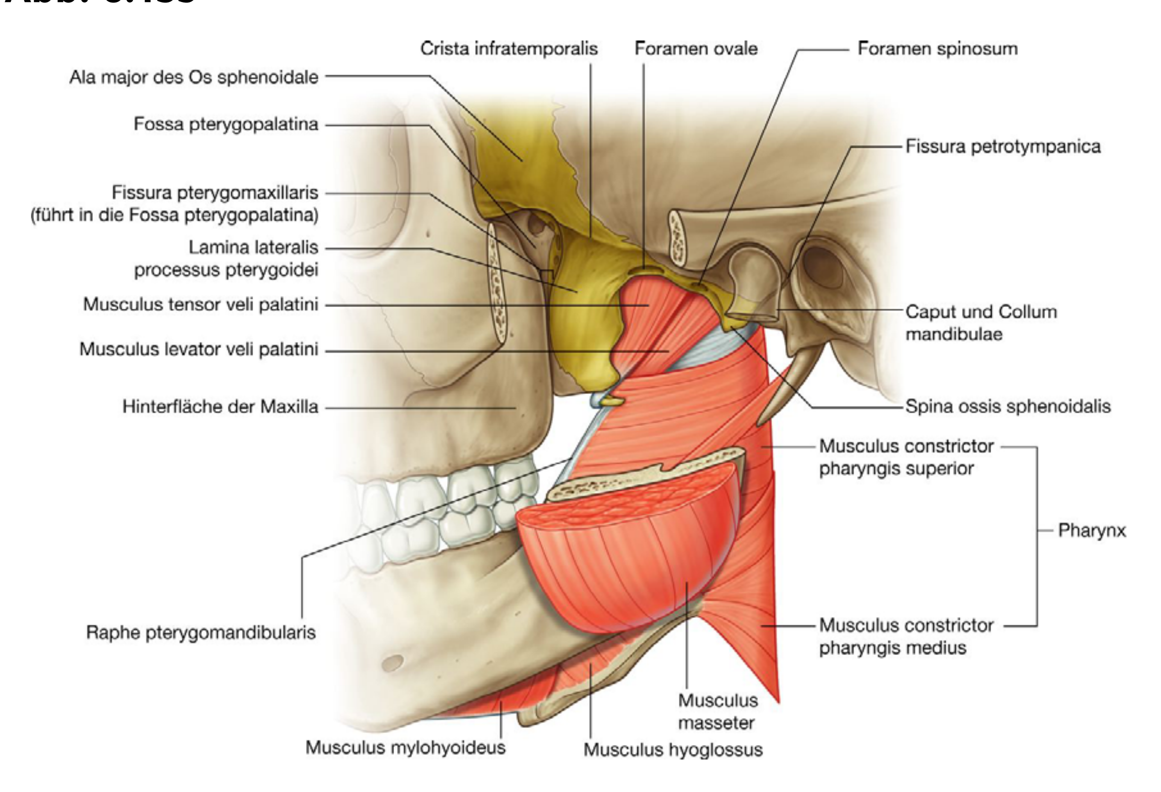
Der Musculus pterygoideus medialis ist ein viereckiger Muskel mit einem oberflächlichen und einem tiefen Kopf (Abb. 8.136). Er bildet mit dem Musculus masseter eine Schlinge um den Ramus mandibulae.

- Das **Caput profundum** entspringt in der Fossa pterygoidea an der Facies medialis der Lamina lateralis processus pterygoidei des Os sphenoidale, verläuft schräg nach kaudal und setzt an der Tuberositas pterygoidea an der Innenfläche des Angulus mandibulae an.
- Das **Caput superficiale** entspringt an der Facies lateralis der Lamina lateralis processus pterygoidei des Os sphenoidale, am Processus pyramidalis ossis palatini und am Tuber maxillae und setzt zusammen mit dem tiefen Kopf an der Tuberositas pterygoidea an der Innenfläche des Angulus mandibulae an.

Der Musculus pterygoideus medialis schließt (Adduktion) den Unterkiefer bei beidseitiger Aktivität. Weil er, um an der Mandibula anzusetzen, schräg nach hinten zieht, hilft er gleichzeitig dem Musculus pterygoideus lateralis, den Unterkiefer nach vorn zu ziehen (Protrusion). Bei einseitiger Aktivität hilft er bei der Mahlbewegung – er verlagert das Caput mandibulae auf der Balanceseite nach vorn und dreht zur kontralateralen Seite. Der Musculus pterygoideus medialis wird vom Nervus pterygoideus medialis des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

914

Abb. 8.135



Begrenzungen der Fossa infratemporalis.

Musculus pterygoideus lateralis

Der Musculus pterygoideus lateralis ist ein dicker, dreieckiger Muskel und hat ähnlich dem Musculus pterygoideus medialis zwei Köpfe (Abb. 8.137):

- Das **Caput superius** entspringt lateral des Foramen ovale und des Foramen spinosum vom Dach der Fossa infratemporalis (Facies temporalis und Crista infratemporalis der Ala major des Os sphenoidale).
- Das **Caput inferius** ist größer als das Caput superius und entspringt von der Facies lateralis der Lamina lateralis processus pterygoidei des Os sphenoidale. Sein unterer Teil verbirgt sich zwischen der kranialen Befestigung der beiden Köpfe des Musculus pterygoideus medialis.

Die Fasern von beiden Köpfen des Musculus pterygoideus lateralis konvergieren, um an der Fovea pterygoidea des Collum mandibulae und an der Gelenkkapsel der Articulatio temporomandibularis (nur Caput superius) anzusetzen, insbesondere in dem Bereich, in dem die Gelenkkapsel innen am Discus articularis befestigt ist.

Im Gegensatz zum Musculus pterygoideus medialis, dessen Fasern eher vertikal verlaufen, verlaufen die Muskelfasern des Musculus pterygoideus lateralis nahezu horizontal. Deshalb zieht er bei Kontraktion den Discus articularis und das Caput mandibulae nach vorn auf das Tuberculum articulare (Tuberculumabhang) und ist damit der stärkste Protrusor des Unterkiefers. Sein Caput superius fixiert das Caput mandibulae am Tuberculumabhang bei

Hebung (Adduktion) des Unterkiefers; bei einseitiger Aktivität hilft es bei der Mahlbewegung durch Stabilisierung des Caput mandibulae. Das Caput inferius leitet das Senken (Abduktion) des Unterkiefers ein. Bei einseitiger Aktivität hilft es bei der Mahlbewegung, indem es auf der Balanceseite das Caput mandibulae nach vorn verlagert und zur kontralateralen Seite dreht.

Der Musculus pterygoideus lateralis wird vom Nervus pterygoideus lateralis des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

Wenn die Musculi pterygoidei laterales und mediales nur auf einer Seite kontrahieren, bewegt sich das Kinn zu anderen Seite. Wenn entgegengesetzte Bewegungen auf beiden Seiten abgestimmt sind, kommt es zur Mahlbewegung.

Nervus mandibularis [V_3]

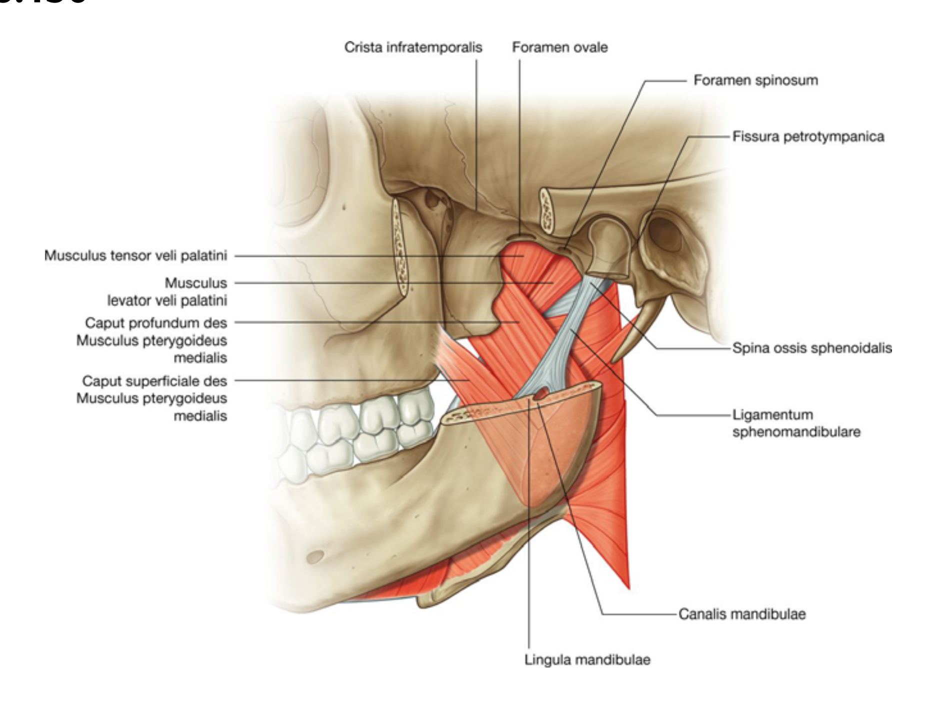
Der Nervus mandibularis [V_3] ist der größte der drei Äste des Nervus trigeminus [V] und führt im Gegensatz zum Nervus ophthalmicus [V_1] und zum Nervus maxillaris [V_2], die rein sensibel sind, auch motorische Fasern.

915

916

Der Nervus mandibularis führt nicht nur die allgemeinsensiblen Fasern von den Zähnen, der Gingiva des Unterkiefers, den vorderen zwei Dritteln der Zunge, der Schleimhaut des Mundbodens, der Unterlippe, der Haut der Schläfenregion und der unteren Gesichtshälfte sowie von Teilen der kranialen Dura mater, sondern er enthält zusätzlich motorische Fasern zur Innervation der meisten Muskeln, die den Unterkiefer bewegen, für einen Muskel im Mittelohr (Musculus tensor tympani) und für einen Muskel des weichen Gaumens (Musculus tensor veli palatini).

Abb. 8.136



Musculus pterygoideus medialis.

Alle Äste des Nervus mandibularis [V_3] entspringen in der Fossa infratemporalis.

Ebenso wie der Nervus ophthalmicus [V_1] und der Nervus maxillaris [V_2] entspringt der sensorische Teil des Nervus mandibularis [V_3] im Ganglion trigeminale (Ganglion semilunare; Ganglion Gasseri) in der mittleren Schädelgrube (Abb. 8.138):

- Der sensible Anteil des Nervus mandibularis [V_3] zieht senkrecht durch das Foramen ovale zwischen den Musculus tensor veli palatini und das Caput inferius des Musculus pterygoideus lateralis nach unten in die Fossa infratemporalis.
- Die kleine motorische Portio minor des Nervus trigeminus [V] liegt medial vom Ganglion trigeminale in der Schädelhöhle; sie tritt dann durch das Foramen ovale und legt sich anschließend direkt dem sensiblen Anteil des Nervus mandibularis [V_3] an.

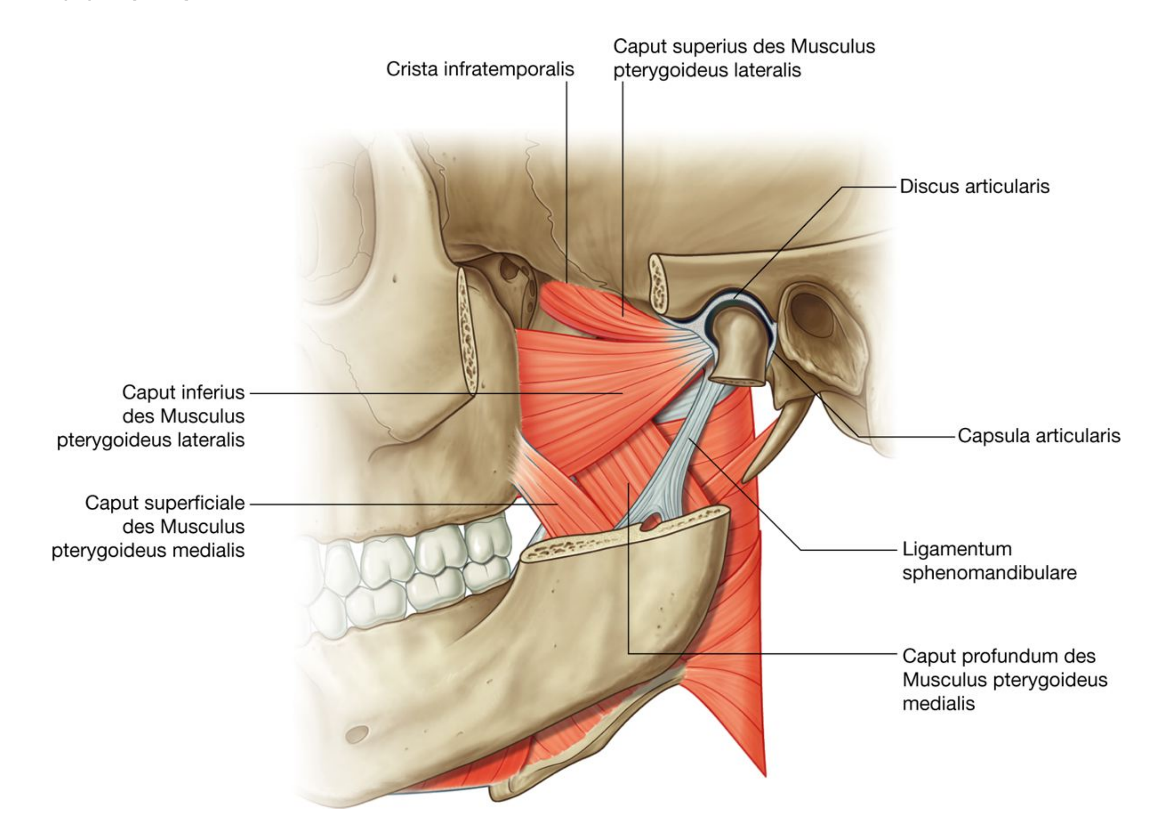
Äste

Unmittelbar nachdem sich die sensiblen und die motorischen Fasern aneinandergelegt haben, zweigen der dünne Ramus meningeus und der Nervus pterygoideus medialis vom Nervus mandibularis [V_3] ab. Der Nerv teilt sich anschließend in einen kleineren vorderen und einen kräftigen hinteren Stamm auf (Abb. 8.138):

- Äste des vorderen Stamms (Truncus anterior) sind die Nervi buccalis, massetericus, temporales profundi und pterygoideus lateralis, die mit Ausnahme des sensiblen Nervus buccalis alle motorisch sind.
- Äste des hinteren Stamms (Truncus posterior) sind die Nervi auriculotemporalis, lingualis und alveolaris inferior, die alle rein sensibel sind, sowie der kleine Nervus mylohyoideus, der vom Nervus alveolaris inferior abzweigt und den Musculus mylohyoideus sowie den Venter anterior des Musculus digastricus motorisch innerviert.

916
917

Abb. 8.137



Musculus pterygoideus lateralis.

Ramus meningeus

Der Ramus meningeus zweigt von der medialen Seite des Nervus mandibularis [V_3] ab und zieht dann nach unten, um mit der Arteria meningea media die Fossa infratemporalis zu verlassen und durch das Foramen spinosum wieder in die Schädelhöhle einzutreten (Abb. 8.138). Er innerviert die Dura mater sensibel, größtenteils im Bereich der mittleren Schädelgrube. Außerdem innerviert er die Schleimhaut der Cellulae mastoideae, die mit dem Mittelohr in Verbindung stehen, sensibel.

Nervus pterygoideus medialis

Auch der Nervus pterygoideus medialis zweigt von der medialen Seite des Nervus mandibularis [V_3] ab (Abb. 8.138). Er zieht hinunter in den Musculus pterygoideus medialis, um dort die tiefen Anteile zu innervieren. In der Nähe seiner Abzweigung vom Nervus mandibularis [V_3] gibt er zwei kleine Äste ab:

- Der eine innerviert den Musculus tensor veli palatini.
- Der andere steigt zum Musculus tensor tympani auf und innerviert ihn. Der Musculus tensor tympani befindet sich in einem kleinen knöchernen Kanal

(Semicanalis musculi tensoris tympani) über und parallel der Tuba auditiva im Os temporale.

Nervus buccalis

Der Nervus buccalis ist ein Ast des vorderen Stamms des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.138). Er ist hauptsächlich sensibel, kann aber auch motorische Fasern zum Musculus pterygoideus lateralis und zu Teilen des Musculus temporalis führen.

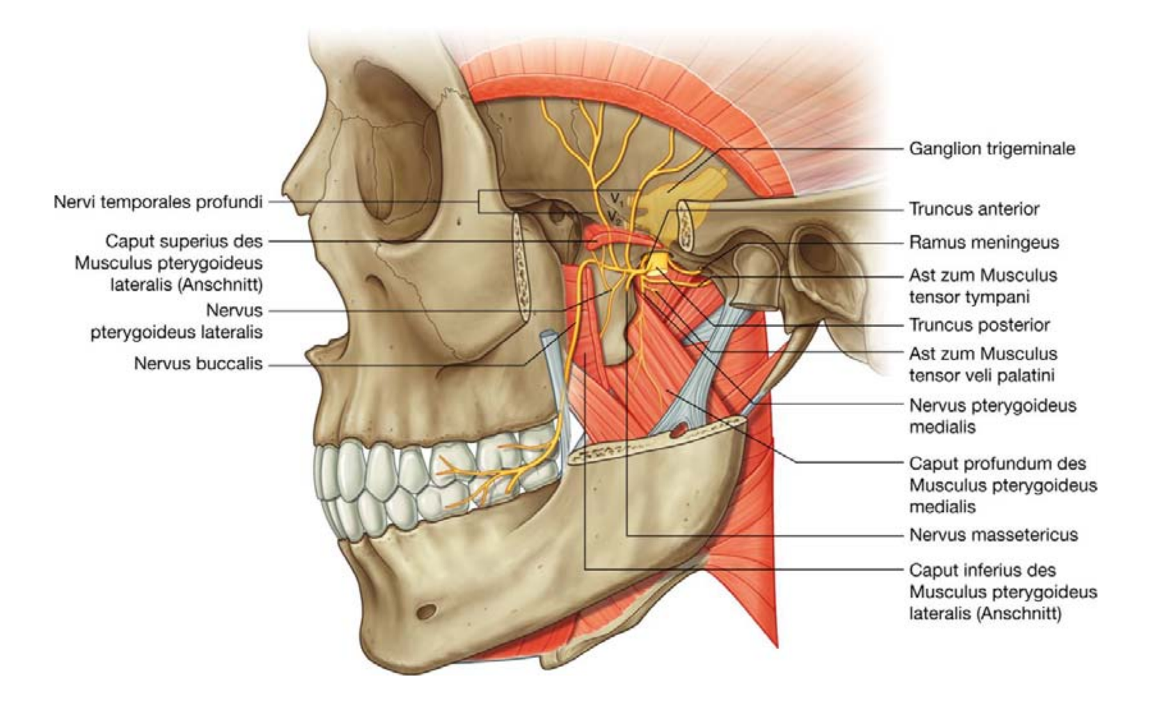
Der Nervus buccalis zieht zwischen den Köpfen des Musculus pterygoideus lateralis hindurch und biegt anschließend nach kaudal vorn um. Er zieht am Vorderrand der Ansatzstelle des Musculus temporalis vorbei und weiter bis zum Vorderrand des Ramus mandibulae. Oft tritt er auch durch die Ansatzsehne des Musculus temporalis hindurch. Der Nerv zieht lateral vom Musculus buccinator in die Wange und innerviert hier die Schleimhaut in der Mundhöhle sowie die bukkale Gingiva des Unterkiefers sensibel.

Nervus massetericus

Der Nervus massetericus ist ein Ast des Truncus anterior des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.138). Er zieht seitlich über den Musculus pterygoideus lateralis und durch die Incisura mandibulae, um in den Musculus masseter einzudringen und ihn zu innervieren.

917
918

Abb. 8.138



Nervus mandibularis [V_3] – Ramus meningeus und Nervus pterygoideus medialis.

Nervi temporales profundi

Die Nervi temporales profundi (normalerweise zwei) entspringen aus dem Truncus anterior des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.138). Sie ziehen seitlich über den Musculus pterygoideus lateralis und dann bogenförmig um die Crista infratemporalis, um in die Fossa temporalis hinabzuziehen und dort den Musculus temporalis zu innervieren.

Nervus pterygoideus lateralis

Der Nervus pterygoideus lateralis entspringt entweder direkt aus dem Truncus anterior des Nervus mandibularis [V_3] oder als Ast des Nervus buccalis (Abb. 8.138). Von seinem Ursprung zieht er direkt in die Tiefe des Musculus pterygoideus lateralis und innerviert ihn.

Nervus auriculotemporalis

Der Nervus auriculotemporalis ist der erste Ast des Truncus posterior des Nervus mandibularis [V_3]. Er umschließt mit zwei Wurzeln die Arteria meningea media, die von der Arteria maxillaris zum Foramen spinosum zieht (Abb. 8.138).

Der Nervus auriculotemporalis zieht zunächst zwischen Musculus tensor veli palatini und Caput superius des Musculus pterygoideus lateralis und anschließend zwischen Ligamentum sphenomandibulare und Collum mandibulae hindurch. Er schlängelt sich seitlich um den Hals der Mandibula und zieht dann zwischen Kiefergelenk (Articulatio temporomandibularis) und Ohrmuschel tief in das Parenchym der Glandula parotidea hinein.

Seine Endäste führen sensible Fasern aus einem großen Bereich der Schläfengegend. Zusätzlich enthält er sensible Fasern der Ohrmuschel, des äußeren Gehörgangs (Meatus acusticus externus), des Trommelfells (Membrana tympanica) und des Kiefergelenks (Articulatio temporomandibularis). Darüber hinaus führt er teilweise postganglionäre parasympathische Fasern des Nervus glossopharyngeus [IX] der Glandula parotidea.

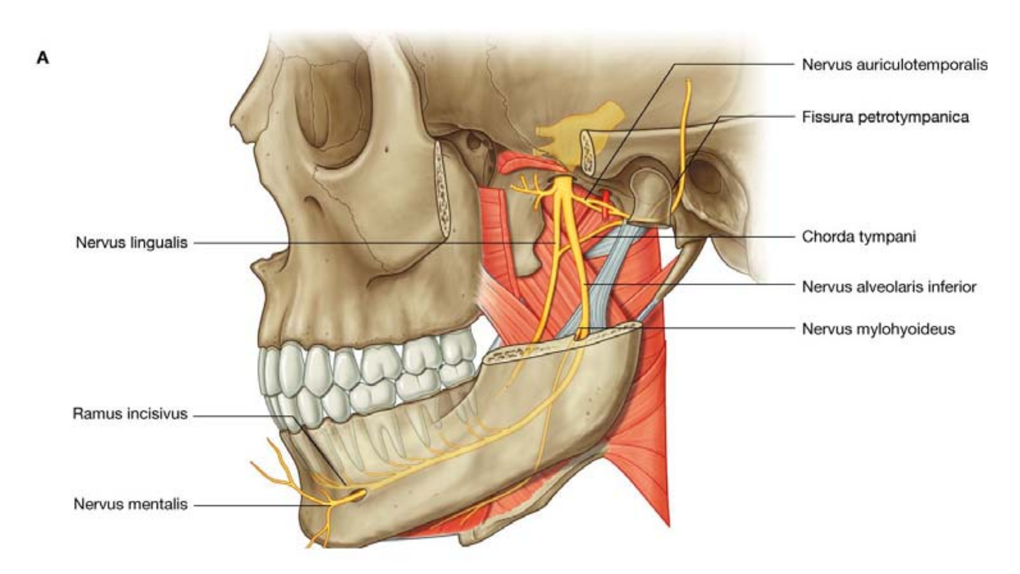
Nervus lingualis

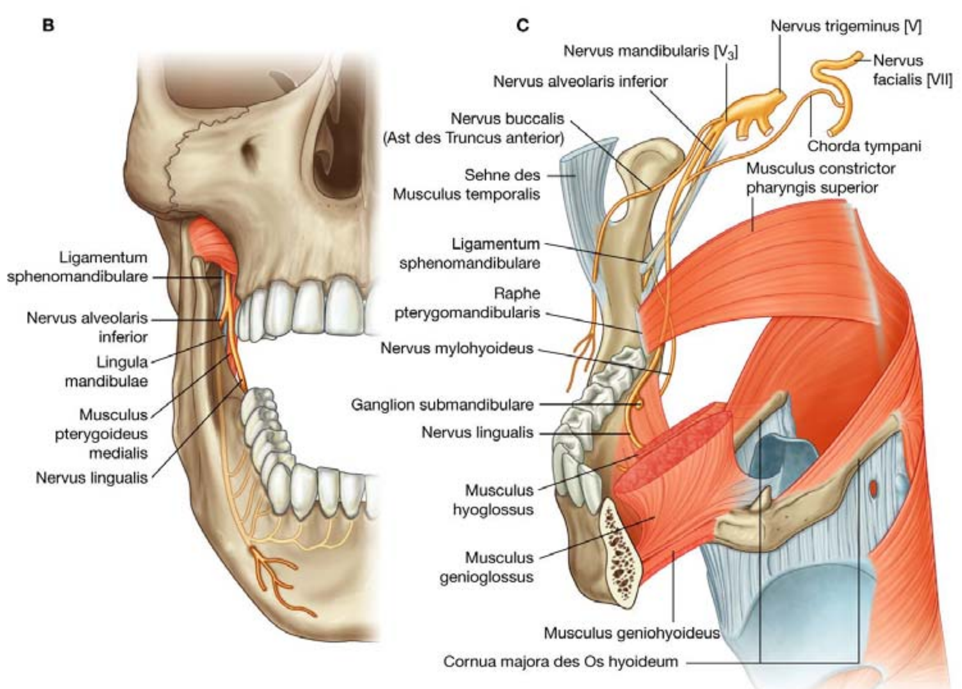
Der **Nervus lingualis** ist ein großer sensibler Ast des Truncus posterior des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.139). Er übernimmt die sensible Innervation der vorderen zwei Zungendrittel, der Mundbodenschleimhaut und der lingualen Gingiva des Unterkiefers.

Dem Nervus lingualis schließt sich kranial in der Fossa infratemporalis die Chorda tympani an, ein Ast des Nervus facialis [VII] mit folgenden Faserqualitäten:

- sensorisch (Geschmack) aus den vorderen zwei Dritteln der Zunge

Abb. 8.139





Nervus mandibularis [V_3] – Truncus posterior. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von vorn. **C**. Ansicht von anteromedial.

- präganglionär parasympathisch zu allen Speicheldrüsen, die unterhalb der Mundöffnung liegen (Umschaltung von prä auf postganglionär im Ganglion submandibulare).

Der Nervus lingualis zieht zwischen dem Musculus tensor veli palatini und dem Musculus pterygoideus lateralis nach kaudal. Hier legt sich ihm die Chorda tympani

von dorsal an. Anschließend zieht er lateral vom Musculus pterygoideus medialis weiter nach vorn unten in die Mundhöhle.

Der Nervus lingualis tritt zwischen der hinteren Ansatzstelle des Musculus mylohyoideus an der Linea mylohyoidea und dem Ansatz des Musculus constrictor pharyngis superior an der Raphe pterygomandibularis in die Mundhöhle ein. *Sobald der Nervus lingualis den Boden der Mundhöhle erreicht, verläuft er in einer flachen Rinne an der medialen Oberfläche der Mandibula, direkt unterhalb der ersten Molaren. An dieser Stelle ist er durch die Mundschleimhaut tastbar und bei Operationen an den Molaren oder am Zahnfleisch gefährdet.*

Lateral vom Musculus hyoglossus verlassen die präganglionären parasympathischen Fasern (die den Nervus lingualis über die Corda tympani erreicht haben) den Nervus lingualis wieder und treten zum **Ganglion submandibulare** (hier Umschaltung von prä auf postganglionär). Der Nervus lingualis tritt kurz danach in die Zunge ein und innerviert sie sensibel.

Klinik

Verletzung des Nervus lingualis

Eine Verletzung des Nervus lingualis proximal der Fossa infratemporalis in dem Abschnitt, in dem sich die Chorda tympani von dorsal anschließt, verursacht einen generellen Sensibilitätsausfall der vorderen zwei Drittel der Zunge, der Mundschleimhaut, des Zahnfleisches, der Unterlippe und des Kinns.

Kommt es distal der Stelle, an der sich die Chorda tympani anlegt, zur Nervenläsion, sind auch die Sekretion der Speicheldrüsen unterhalb der Mundöffnung sowie die Geschmacksempfindung der vorderen zwei Zungendrittel beeinträchtigt.

Nervus alveolaris inferior

Der **Nervus alveolaris inferior** ist, ähnlich wie der Nervus lingualis, ein großer sensibler Ast des Truncus posterior des Nervus mandibularis [V_3] (Abb. 8.139). Er innerviert nicht nur sämtliche Unterkieferzähne und die angrenzende Gingiva, sondern auch die Schleimhaut und Haut der Unterlippe und des Kinns. Außerdem enthält er einen motorischen Anteil (Nervus mylohyoideus) für den Musculus mylohyoideus und für den Venter anterior des Musculus digastricus.

Der Nervus alveolaris inferior entspringt gemeinsam mit dem Nervus lingualis tief unter dem Musculus pterygoideus lateralis vom Truncus posterior des Nervus mandibularis [V_3]. Er zieht lateral vom Musculus pterygoideus medialis nach kaudal, verläuft zwischen dem Ligamentum sphenomandibulare und dem Ramus mandibulae nach vorn und tritt durch das Foramen mandibulae in den Canalis mandibulae ein. Kurz vor dem Eintritt in das Foramen mandibulae gibt er den Nervus mylohyoideus ab,

der im Sulcus mylohyoideus unterhalb des Foramen mandibulae verläuft und unterhalb des Bodens der Mundhöhle vorwärts zieht, um dort den Musculus mylohyoideus und den Venter anterior des Musculus digastricus zu innervieren.

Der Nervus alveolaris inferior zieht im Canalis mandibulae des Unterkiefers nach vorn. *Der Canalis mandibulae und sein Inhalt liegen unterhalb der Wurzeln der Molaren, die sich manchmal so um ihn schlängeln, dass eine Extraktion dieser Zähne schwierig wird.*

Aus dem Nervus alveolaris inferior gehen Äste für die drei Molaren, den zweiten Prämolaren und das dazugehörige Zahnfleisch ab, bis er sich in seine beiden Endäste teilt:

- den Ramus incisivus, der weiter im Canalis mandibulae verläuft, um den ersten Prämolaren, den Dens incisivus, den Dens caninus und das dazugehörige Zahnfleisch zu innervieren
- den Nervus mentalis, der den Unterkiefer durch das Foramen mentale verlässt, um die Unterlippe und das Kinn sensibel zu innervieren. *Der Nervus mentalis ist tastbar und neben den Wurzeln der Prämolaren manchmal sichtbar.*

920

921

Klinik

Zahnbetäubung

Die Betäubung des Nervus alveolaris inferior wird von den meisten Zahnärzten durchgeführt. Der Nervus alveolaris inferior ist einer der längsten Äste des Nervus mandibularis [V_3]. Er führt sensible Fasern von den Zähnen und dem Zahnfleisch des Unterkiefers und enthält sensible Informationen von der Haut des Unterkiefers.

Der Nervus alveolaris inferior zieht durch den Canalis mandibulae, verläuft innerhalb des Unterkiefers in der Cavitas medullaris der Mandibula und durchbricht anschließend den vorderen Teil des Unterkiefers durch das Foramen mentale.

Zahnbehandlungen benötigen eine perineurale Infiltration mit Lokalanästhetika. Um den Nerv zu betäuben, wird die Nadel lateral des vorderen Gaumenbogens in der Mundhöhle angesetzt und an der medialen Grenze des unteren Drittels des Unterkiefers vorgeschoben, sodass sich das Betäubungsmittel in diesem Gebiet ausbreiten kann.

Man kann ebenso den Nervus infraorbitalis, den Nervus mentalis, den Ramus incisivus oder den Nervus buccalis betäuben, je nachdem, an welcher Stelle eine Betäubung nötig ist.

Chorda tympani und Nervus petrosus minor

In der Fossa infratemporalis legen sich Äste von zwei Hirnnerven den Ästen des Nervus mandibularis [V_3] an (Abb. 8.140). Die beiden Hirnnervenäste sind die Chorda tympani

des Nervus facialis [VII] und der Nervus petrosus minor, ein Ast aus dem Plexus tympanicus des Mittelohrs, der aus dem Nervus glossopharyngeus [IX] entspringt.

Chorda tympani

Die Chorda tympani führt die Geschmacksfasern der vorderen zwei Drittel der Zunge sowie parasympathische Fasern zu allen Speicheldrüsen unterhalb der Mundöffnung.

Die Chorda tympani entspringt im Canalis nervi facialis des Os temporale aus dem Nervus facialis, tritt im Paries mastoideus durch einen kleinen Kanal nach vorn, um von lateral in die Paukenhöhle zu gelangen. In ihrem weiteren, zunächst nach vorn oben gerichteten Verlauf durch das Mittelohr zieht die Chorda bogenförmig zwischen Manubrium mallei und Incus hindurch nach kaudal. Schließlich verlässt sie die Paukenhöhle durch das mediale Ende der Fissura petrotympanica im Paries caroticus und tritt in die Fossa infratemporalis ein. Hier zieht sie medial der Spina ossis sphenoidalis und anschließend medial des Musculus pterygoideus lateralis kaudalwärts (direkt hinter dem Kiefergelenk), um sich dem Nervus lingualis von dorsal anzuschließen.

Nach einem kurzen Verlauf im Nervus lingualis verlassen die präganglionären parasympathischen Fasern den Nerv und treten zum Ganglion submandibulare über. Hier erfolgt die Umschaltung auf postganglionäre Neurone, deren Fortsätze die Speicheldrüsen im unteren Mundabschnitt und der Zunge innervieren (Glandula sublingualis, Glandula submandibularis, Glandula lingualis anterior = apicis linguae = Blandin-Nuhn-Drüse).

Die Geschmacksfasern der vorderen zwei Zungendrittel ziehen nicht durch das Ganglion submandibulare, sondern erreichen über den Nervus lingualis die Chorda tympani.

Nervus petrosus minor

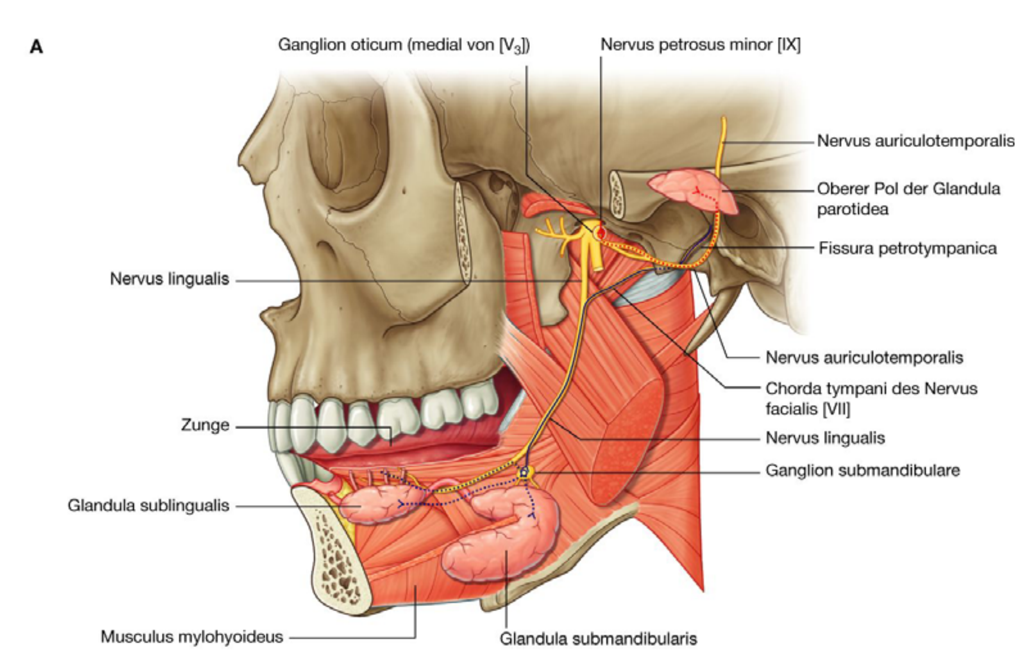
Der Nervus petrosus minor führt überwiegend präganglionäre parasympathische Fasern zur Glandula parotidea (Abb. 8.140). Die Fasern nehmen ihren Ursprung im Nucleus salivatorius inferior des Hirnstamms und verlaufen mit dem Nervus glossopharyngeus [IX] durch das Foramen jugulare an der Schädelbasis. Vom Nervus glossopharyngeus [IX] zweigt entweder im oder direkt außerhalb des Foramen jugulare der Nervus tympanicus ab.

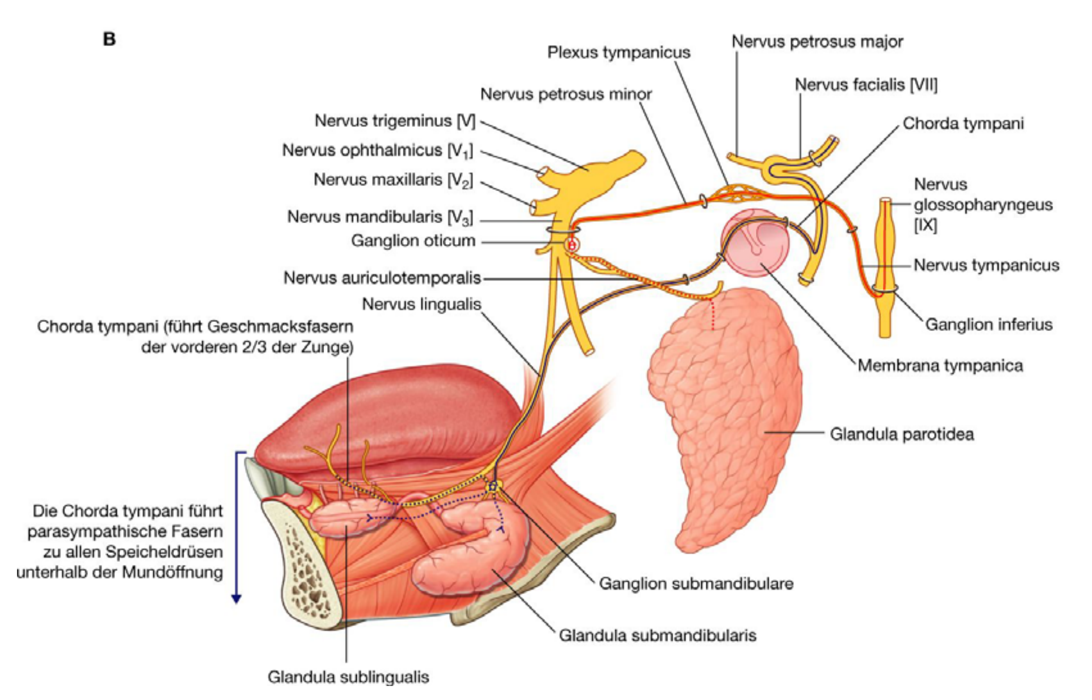
Durch eine kleine Öffnung (Hiatus nervi tympanici) in dem Knochenstück, das das Foramen jugulare vom Canalis caroticus trennt, zieht der Nervus tympanicus zurück in das Os temporale und von dort abwärts durch einen knöchernen Kanal (Canaliculus tympanicus) zum Promontorium (hervorgerufen durch die basale Schneckenwindung), das sich am Paries labyrinthicus des Mittelohres befindet. Hier beteiligt er sich an der Bildung des Plexus tympanicus. Der Nervus petrosus minor ist ein Ast dieses Plexus.

Der Nervus petrosus minor enthält hauptsächlich präganglionäre parasympathische Fasern. Er verlässt das Mittelohr und tritt durch eine kleine Öffnung (Hiatus nervi petrosi minoris) an der anterioren Fläche der Pars petrosa des Os temporale, ungefähr

inferolateral der Öffnung für den Nervus petrosus profundus des Nervus facialis [VII], in die Fossa cranii media ein. Der Nervus petrosus minor zieht dann nach medial und schließlich mit dem Nervus mandibularis [V_3] durch das Foramen lacerum nach kaudal.

Abb. 8.140





Chorda tympani und Nervus petrosus minor. **A**. Verlauf nach dem Austritt aus dem Schädel. **B**. Verlauf der parasympathischen Fasern.

In der Fossa infratemporalis bilden präganglionäre parasympathische Fasern im Ganglion oticummit postganglionären, parasympathischen Neuronen Synapsen. Das Ganglion oticum befindet sich medial des Nervus mandibularis [V_3] in der Nähe des Ursprungs des Nervus pterygoideus medialis. Postganglionäre parasympathische Fasern verlassen das

921

922

Ganglion oticum und schließen sich dem Nervus auriculotemporalis an, der sie zur Glandula parotidea leitet.

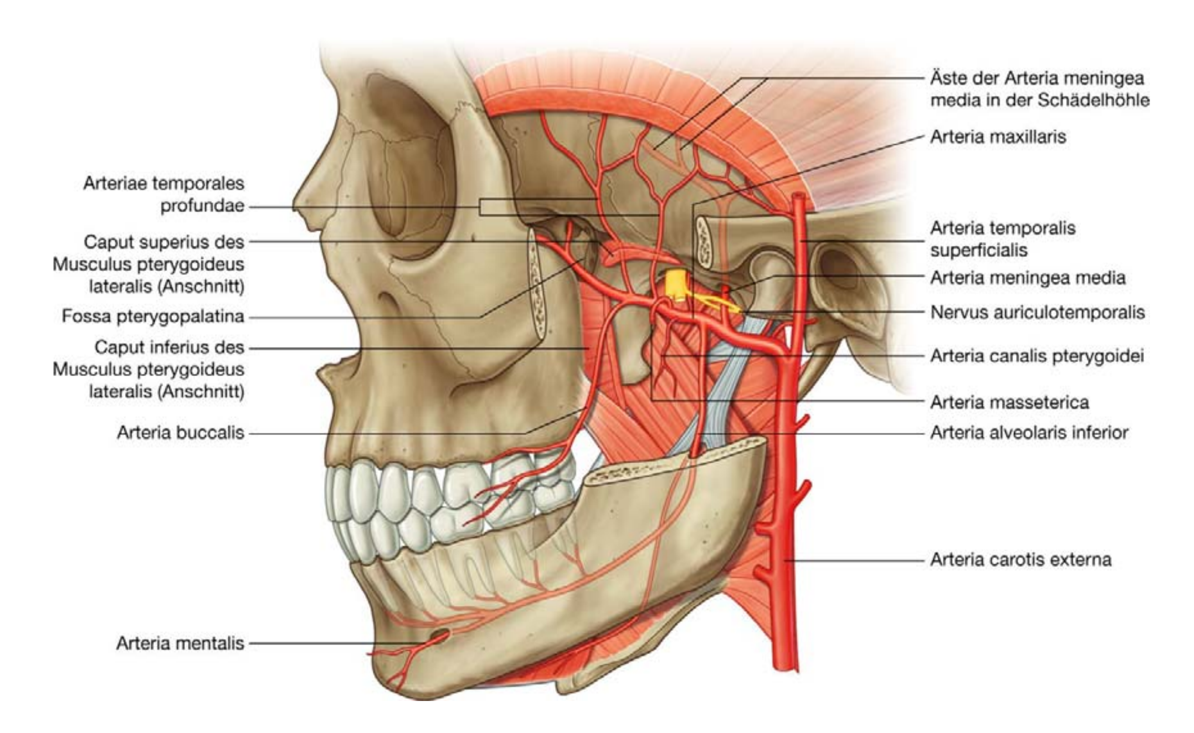
922
923

Arteria maxillaris

Die Arteria maxillaris ist der größte Ast der Arteria carotis externa und dient als Hauptquelle für die Blutversorgung der Nasenhöhle, der lateralen Wand und des Dachs der Mundhöhle, aller Zähne sowie der Dura mater in der Schädelhöhle. Sie zieht durch die Fossa infratemporalis, versorgt die darin enthaltenen Strukturen und zieht dann weiter bis zur Fossa pterygopalatina, um sich in ihre Endäste aufzuteilen (Abb. 8.141).

Die Arteria maxillaris entspringt in der Fossa retromandibularis im Drüsenparenchym der Glandula parotidea und zieht anschließend zwischen Collum mandibulae und Ligamentum sphenomandibulare in die Fossa infratemporalis. Sie tritt schräg durch die Fossa infratemporalis nach oben, um durch die Fissura pterygomaxillaris in die Fossa pterygopalatina zu gelangen. Dieser Anteil des Gefäßes verläuft entweder lateral oder medial vom Caput inferius des Musculus pterygoideus lateralis. Verläuft er medial des Caput inferius, dann schlängelt sich die Arteria maxillaris lateral zwischen Caput inferius und Caput superius des Musculus pterygoideus lateralis hindurch, um in die **Fissura pterygomaxillaris** einzutreten.

Abb. 8.141



Arteria maxillaris.

Äste

Die Äste der Arteria maxillaris verzweigen sich wie folgt:

- Aus dem ersten Anteil der Arteria maxillaris zwischen Collum mandibulae und Ligamentum sphenomandibulare entspringen zwei Hauptäste (Arteria meningea media und Arteria alveolaris inferior) sowie einige kleinere Äste (Arteria auricularis profunda; Arteria tympanica anterior; Arteria meningea accessoria).
- Aus dem zweiten Anteil der Arteria maxillaris, der nahe dem Musculus pterygoideus lateralis verläuft, entspringen die Arteriae temporalis profunda, masseterica, buccalis und einige Äste des Musculus pterygoideus, die mit dem Nervus mandibularis [V_3] verlaufen.
- Der dritte Anteil der Arteria maxillaris liegt in der Fossa pterygopalatina.

Arteria meningea media

Die Arteria meningea media verläuft von ihrem Abgang aus der Arteria maxillaris senkrecht nach oben und tritt durch das Foramen spinosum in die Schädelhöhle (Abb. 8.141). In der Fossa infratemporalis verläuft sie zwischen dem Ligamentum 923
924 sphenomandibulare auf der medialen Seite und dem Musculus pterygoideus lateralis auf der lateralen Seite. Direkt unterhalb des Foramen spinosum durchkreuzt sie die Wurzeln des Nervus auriculotemporalis an dessen Ursprung aus dem Nervus mandibularis [V_3].

Die Arteria meningea media ist das größte Hirnhautgefäß und versorgt einen großen Teil der Dura mater, der Knochen und des dazugehörigen Knochenmarks der Schädelhöhle.

In der Schädelhöhle verlaufen die Arteria meningea media und ihre Äste in der periostalen (äußeren) Schicht der Dura mater, die fest an der knöchernen Wand fixiert ist. Da einige Hauptäste der Arteria meningea media an der Wand der Schädelknochen nach kranial ziehen, können sie bei seitlichen Kopftraumata verletzt werden. Wenn die Gefäße verletzt sind, kann das ausströmende arterielle Blut (arterieller Blutdruck!) die Dura mater langsam von ihrer Befestigung am Knochen lösen und ein epidurales Hämatom (Epiduralblutung) auslösen.

Arteria alveolaris inferior

Die Arteria alveolaris inferior zieht von der Arteria maxillaris nach kaudal, um durch das Foramen mandibulae gemeinsam mit dem Nervus alveolaris inferior in den Canalis mandibulae zu gelangen (Abb. 8.141). Die Arterie verläuft mit dem Nervus alveolaris inferior, versorgt alle Zähne des Unterkiefers und ist an der arteriellen Blutversorgung der bukkalen Gingiva, des Kinns und der Unterlippe beteiligt.

Bevor sie in den Unterkiefer eintritt, gibt sie noch einen kleinen Ast zum Musculus mylohyoideus ab, der den Nervus mylohyoideus begleitet.

Arteria auricularis profunda, Arteria tympanica anterior und Arteria meningea accessoria

Arteria auricularis profunda, Arteria tympanica anterior und Arteria meningea accessoria sind kleine Äste des ersten Teils der Arteria maxillaris. Die Gefäße sind an der arteriellen Blutversorgung des äußeren Gehörgangs, des unteren Abschnitts der Oberfläche des Trommelfells sowie der intrakranialen Dura mater beteiligt.

Die Arteria meningea accessoria gibt ebenfalls einige Äste an die umliegenden Muskeln in der Fossa infratemporalis ab, bevor sie durch das Foramen ovale in die Schädelhöhle tritt und dort die Dura mater versorgt.

Äste des zweiten Teils

Arteriae temporales profundae (normalerweise zwei) entspringen aus dem zweiten Teil der Arteria maxillaris und verlaufen mit den Nervi temporales profundi, um den Musculus temporalis in der Fossa temporalis zu versorgen (Abb. 8.141).

Außerdem entspringen zahlreiche Arteriae canalis pterygoidei vom zweiten Teil der Arteria maxillaris, um die Musculi pterygoidei mit Blut zu versorgen.

Die Arteria masseterica, die ebenfalls aus dem zweiten Teil der Arteria maxillaris entspringt, begleitet den Nervus massetericus lateral durch die Incisura mandibulae und versorgt den Musculus masseter mit Blut.

Die Arteria buccalis verläuft mit dem Nervus buccalis. Sie versorgt die Haut, die Muskulatur und die Schleimhaut der Wange.

Plexus pterygoideus

Der Plexus pterygoideus ist ein venöses Netz zwischen Musculus pterygoideus medialis und Musculus pterygoideus lateralis sowie zwischen Musculus pterygoideus lateralis und Musculus temporalis (Abb. 8.142).

Zum Plexus pterygoideus gehören Venen, die die Gebiete drainieren, die arteriell von Seitenästen der Arteria maxillaris in der Fossa infratemporalis und der Fossa pterygopalatina versorgt werden. Die venösen Zuflüsse kommen auch aus der Nasenhöhle, dem Dach und der lateralen Wand der Mundhöhle, aus dem Bereich der Zähnen, den Muskeln der Fossa infratemporalis, den Nasennebenhöhlen und dem Nasopharynx. Zusätzlich mündet die Vena ophthalmica inferior aus der Orbita durch die Fissura orbitalis inferior in den Plexus pterygoideus ein.

Wichtig ist, dass in der Fossa infratemporalis oft kleine Venae emissariae den Plexus pterygoideus mit dem Sinus cavernosus in der Schädelhöhle verbinden. *Diese Venae emissariae, die durch das Foramen ovale, durch den Knorpel im Foramen lacerum und durch ein kleines Foramen des Os sphenoidale an der medialen Seite der Lamina lateralis*

des Processus pterygoideus an der Schädelbasis verlaufen, können einen Infektionsweg darstellen. So können Infektionen der Zähne durch den Plexus pterygoideus bis in die Schädelhöhle gelangen. Da die Venen des Kopfes und des Halses keine Venenklappen besitzen, können Betäubungsmittel, die unter Druck versehentlich in die Venen des Plexus pterygoideus injiziert werden, ebenfalls in die Schädelhöhle gelangen und hier zentrale Wirkungen entfalten.

Der Plexus pterygoideus geht folgende Verbindungen ein:

- dorsal über die kurze Vena maxillaris mit der Vena retromandibularis des Halses
- rostral über die Vena faciei profunda mit der Vena facialis.

FOSSA PTERYGOPALATINA

Die Fossa pterygopalatina ist ein auf dem Kopf stehender, tränenförmiger Raum zwischen den Knochen der äußeren Schädelseite direkt hinter der Maxilla (Abb. 8.143).

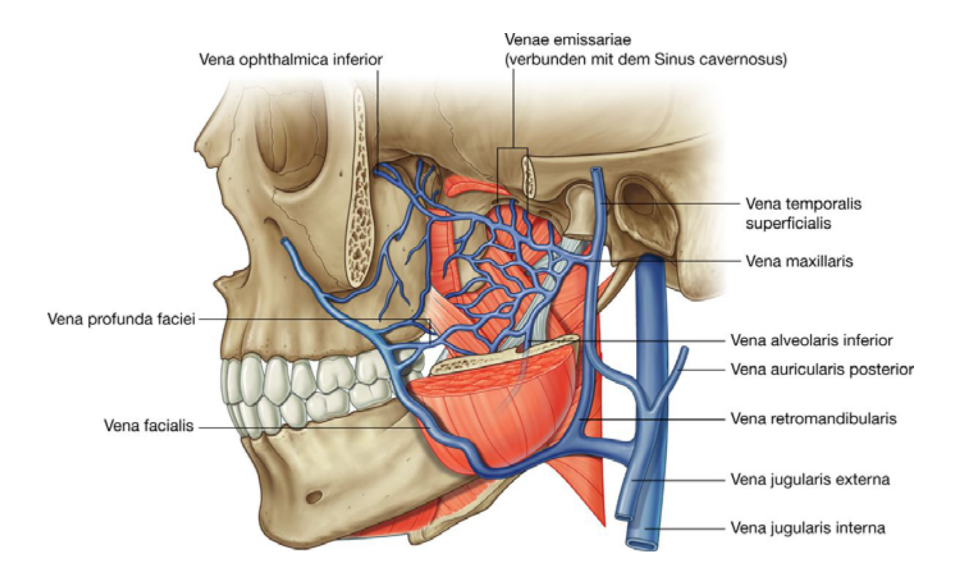
Trotz ihrer geringen Größe kommuniziert die Fossa pterygopalatina über Fissurae und Foramina ihrer Wände mit

- mittlerer Schädelgrube
- Fossa infratemporalis
- Orbitaboden

924
925

- lateraler Nasenwand
- Oropharynx
- Mundhöhlendach.

Abb. 8.142



Plexus pterygoideus.

Aufgrund ihrer strategisch günstigen Lage befinden sich in der Fossa pterygopalatina die Hauptteilungsstelle des Nervus maxillaris [V_2] und der Endäste der Arteria maxillaris. Zusätzlich werden in der Fossa pterygopalatina präganglionäre parasympathische Fasern, die mit Ästen des Nervus facialis [VII] laufen, auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet, und es lagern sich sympathische Fasern aus dem Thorakalmark (Th1) den Ästen des Nervus maxillaris [V_2] an.

In der Fossa pterygopalatina steht das Ganglion pterygopalatinum mit Ästen des Nervus maxillaris [V_2] in Verbindung. Im Ganglion werden die präganglionären parasympathischen Fasern des Nervus petrosus major (Ast des Nervus facialis [VII]), der über den Canalis nervi petrosi majoris das Ganglion pterygopalatinum erreicht, auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet.

Alle Zähne des Oberkiefers erhalten ihre sensible Innervation und ihre arterielle Versorgung jeweils durch den Nervus maxillaris [V_2] und durch die Endäste der Arteria maxillaris, die durch die Fossa pterygopalatina verlaufen.

Knöchernes Gerüst

Die Wände des Fossa pterygopalatina werden durch Teile des Os palatinum, der Maxilla und des Os sphenoidale gebildet (Abb. 8.143):

- Die Vorderwand wird von der Hinterfläche der Maxilla gebildet.
- Die mediale Wand wird von der lateralen Fläche des Os palatinum gebildet.
- Die Hinterwand und das Dach werden von Teilen des Os sphenoidale gebildet.

Os sphenoidale

Der Teil des Os sphenoidale, der an der Bildung der Fossa pterygopalatina beteiligt ist, ist die anterosuperiore Fläche des Processus pterygoideus (Abb. 8.144). An dieser Stelle befinden sich zwei Foramina:

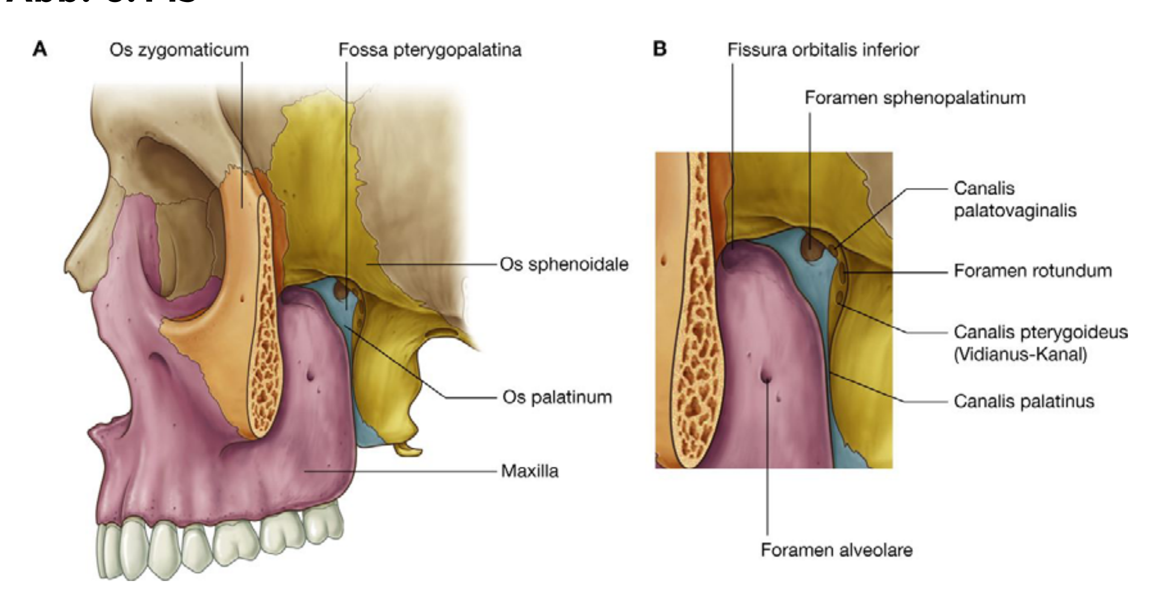
- Durch das weiter lateral und oben gelegene Foramen rotundum, das nach hinten mit der mittleren Schädelgrube kommuniziert, zieht der Nervus maxillaris [V_2].
- Durch den weiter medial und unten gelegene Canalis pterygoideus (vordere Öffnung des Canalis pterygoideus) zieht der Nervus canalis pterygoidei, der sich aus dem Zusammenschluss von Nervenfasern aus dem Nervus petrosus major (Nervus facialis [VII]) und aus sympathischen Fasern des Plexus caroticus internus bildet und in die Fossa pterygopalatina zieht.

Canalis pterygoideus

Der **Canalis pterygoideus** ist ein knöcherner Kanal, der sich an der Hinterfläche des Processus pterygoideus öffnet und dann für eine kurze Strecke seinen Verlauf in kraniomedialer Richtung durch den Knorpel im Foramen lacerum fortsetzt und die hintere Öffnung des Canalis pterygoideus ummantelt. Direkt vor und unter der Arteria carotis interna (an der Eintrittsstelle der Arteria carotis interna durch den Canalis caroticus in die Schädelhöhle) öffnet sich der Canalis pterygoideus in die Fossa cranii media (Abb. 8.144B).

925
926

Abb. 8.143



Fossa pterygopalatina. **A**. Anteromediale Ansicht. **B**. Laterale Ansicht.

Zugänge

Durch sieben Foramina und Fissuren können Strukturen in die Fossa pterygopalatina ein-und austreten (Abb. 8.145):

- Das Foramen rotundum und der Canalis pterygoideus stehen mit der Fossa cranii media in Verbindung und liegen in der Hinterwand.
- Ein kleiner Canalis palatovaginalis liegt oberhalb vom Foramen rotundum in der Hinterwand und führt zum Nasopharynx.
- Der Canalis palatinus führt zum Dach der Mundhöhle (harter Gaumen) und öffnet sich nach kaudal.
- Das Foramen sphenopalatinum liegt in der medialen Nasenwand und öffnet sich in laterale Richtung.

- Zwischen der Hinterfläche der Maxilla und dem Processus pterygoideus des Os sphenoidale geht der laterale Anteil der Fossa pterygopalatina über eine große Fissur **(Fissura pterygomaxillaris)** in die Fossa infratemporalis über.
- Der obere Teil der Vorderwand der Fossa pterygopalatina kommuniziert über die Fissura orbitalis inferior mit der Orbita.

Inhalt

Der Nervus maxillaris [V_2] und Endäste der Arteria maxillaris treten in die Fossa pterygopalatina ein und verzweigen sich in ihr. Zusätzlich zieht der Nervus canalis pterygoideus hinein, der folgende Fasern führt:

- präganglionäre parasympathische Fasern vom Nervus petrosus major des Nervus facialis [VII]
- postganglionäre sympathische Fasern des Nervus petrosus profundus aus dem Plexus caroticus.

Die parasympathischen Fasern werden im Ganglion pterygopalatinum von prä-auf postganglionär umgeschaltet. Sowohl sympathische als auch postganglionäre parasympathische Fasern verlassen anschließend mit Ästen des Nervus maxillaris [V_2] die Fossa pterygopalatina in die benachbarten Regionen.

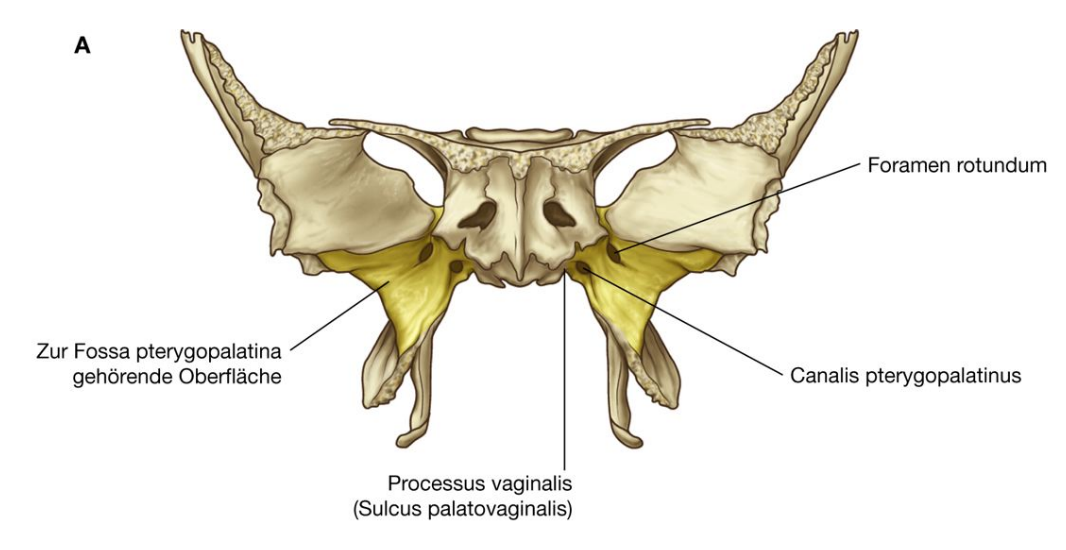
Außer diesen Nerven und Arterien ziehen noch Venen und Lymphgefäße durch die Fossa pterygopalatina.

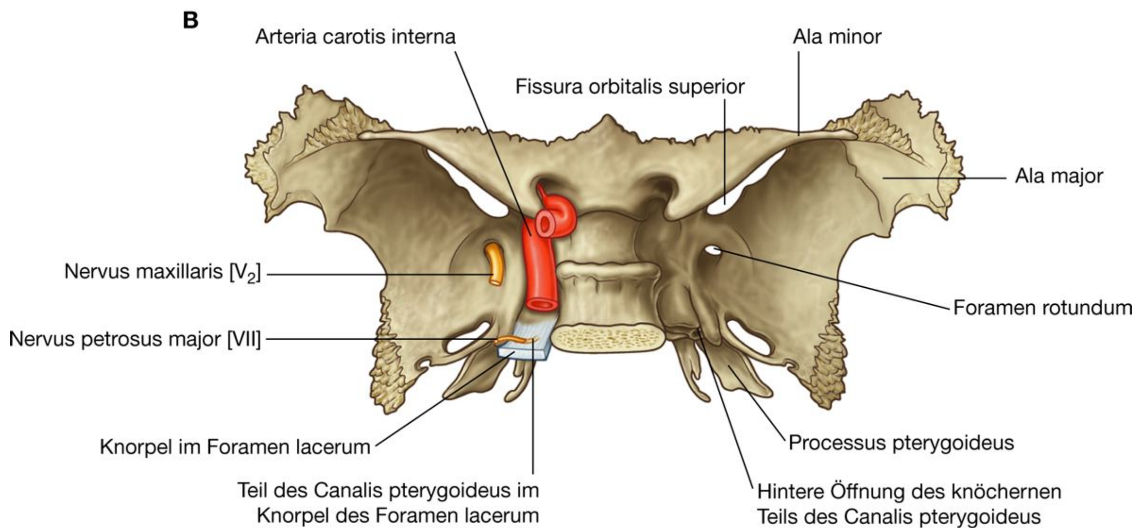
Nervus maxillaris [V_2]

Der Nervus maxillaris ist rein sensibel. Er entspringt am Ganglion trigeminale in der Schädelhöhle und tritt aus der mittleren Schädelgrube durch das Foramen rotundum in die Fossa pterygopalatina ein (Abb. 8.146). Er zieht im vorderen Bereich durch die Fossa pterygopalatina und verlässt sie als Nervus infraorbitalis durch die Fissura orbitalis inferior.

In seinem Verlauf durch die Fossa pterygopalatina gibt der Nervus maxillaris [V_2] nach kranial den Nervus zygomaticus, den Nervus alveolaris superior posterior und zwei Rami 926
927 ganglionares ab. Die beiden ganglionären Äste entspringen von seiner Unterseite und ziehen durch das Ganglion pterygopalatinum.

Abb. 8.144





Os sphenoidale. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Dorsokraniale Ansicht.

Ähnlich wie die postganglionären sympathischen Fasern des Plexus caroticus schließen sich im Ganglion pterygopalatinum postganglionäre parasympathische Fasern, deren Neurone hier lokalisiert sind, den sensiblen Fasern des Nervus maxillaris [V_2] an. Die drei verschiedenen Faserqualitäten verlassen das Ganglion als Rami orbitales, palatinales, nasales und pharyngeales.

Äste

Rami orbitales

Die **Rami orbitales** sind klein und ziehen durch die Fissura orbitalis inferior, um zur Innervation der Orbitawand, des Sinus sphenoidalis und der Cellulae ethmoidales beizutragen.

Nervus palatinus major und Nervi palatini minores

Der Nervus palatinus major und die Nervi palatini minores (Abb. 8.146) verlaufen unterhalb des Ganglion pterygopalatinum kaudalwärts durch den Canalis palatinus major und die Canales palatini minores hindurch und gelangen so durch das Foramen palatinum majus und die Foramina palatina minora auf die orale Seite des Gaumens.

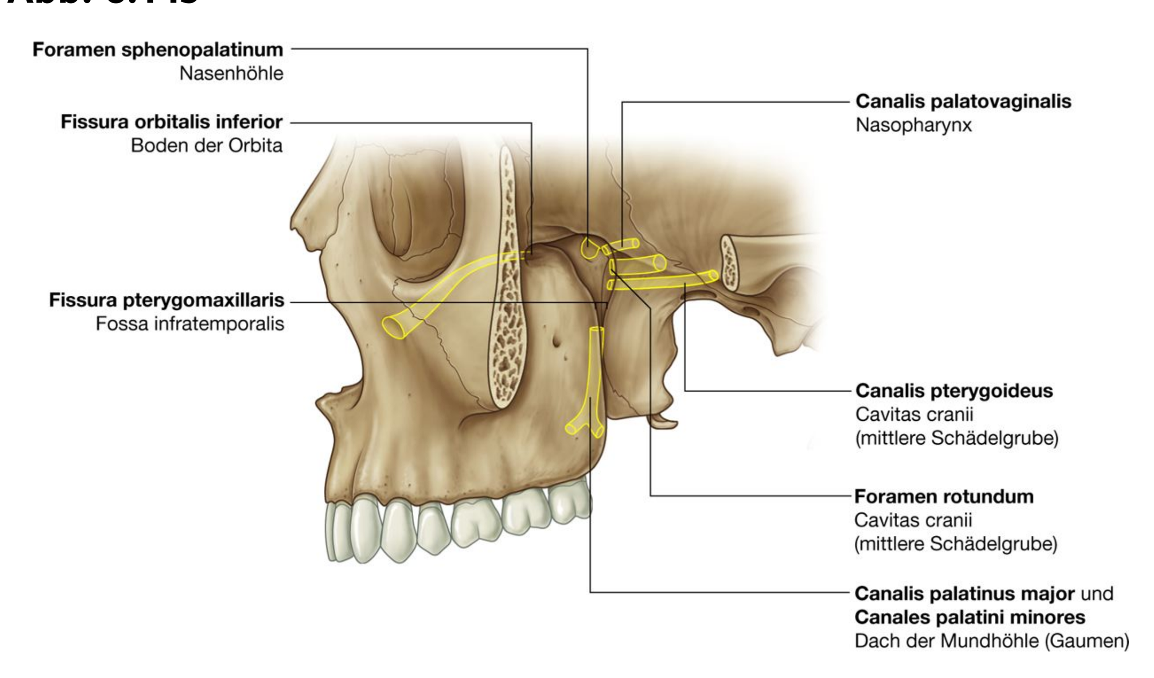
Der Nervus palatinus major zieht am Dach der Mundhöhle nach vorn bis fast an die Rückseite der Schneidezähne. Er innerviert die Schleimhaut, die Drüsen des harten Gaumens und die benachbarte Gingiva.

Im Canalis palatinus major entspringen aus dem Nervus palatinus major die Nervi nasales posteriores inferiores, die medial durch kleine Foramina in der Lamina perpendicularis des Os palatinum ziehen, um sich an der Innervation der lateralen Nasenwand zu beteiligen.

927

928

Abb. 8.145



Zugänge zur Fossa pterygopalatina.

Nach Durchtritt durch die Foramina palatina minora verlaufen die Nervi palatini minores nach dorsal und innervieren Schleimhaut und Drüsen des weichen Gaumens.

Nervi nasales

Die etwa sieben Nervi nasales (Abb. 8.146) ziehen medial gemeinsam mit der Arteria sphenopalatina durch das Foramen sphenopalatinum in die Nasenhöhle. Der größte Teil verläuft nach vorn, um die laterale Nasenwand zu innervieren; ein kleinerer Teil zieht über das Nasendach zur medialen Nasenwand.

Der größte Ast der entlang dem Nasendach zur medialen Nasenwand verlaufenden Nasennerven ist der **Nervus nasopalatinus**. Er zieht in der medialen Nasenwand schräg am Septum nasi nach vorn unten, tritt durch den Canalis incisivus und die Fossa incisiva in der Mittellinie des harten Gaumens und gelangt so zum Dach der Mundhöhle. Hier innerviert er die Schleimhaut, das Zahnfleisch und die Drüsen im Bereich der Schneidezähne.

Nervus pharyngeus

Der **Nervus pharyngeus** zieht hinter dem Ganglion pterygopalatinum entlang und verlässt die Fossa durch den Canalis palatovaginalis, aus dem er dorsal im Nasopharynx austritt. Hier innerviert er Schleimhaut und Drüsen.

Nervus zygomaticus

Der Nervus zygomaticus (Abb. 8.146) entspringt in der Fossa pterygopalatina direkt aus dem Nervus maxillaris [V_2]. Er verlässt dann die Fossa pterygopalatina, um durch die Fissura orbitalis inferior in die Orbita zu gelangen. Er zieht entlang der lateralen Orbitawand und teilt sich in einen Ramus zygomaticotemporalis und einen Ramus zygomaticofacialis.

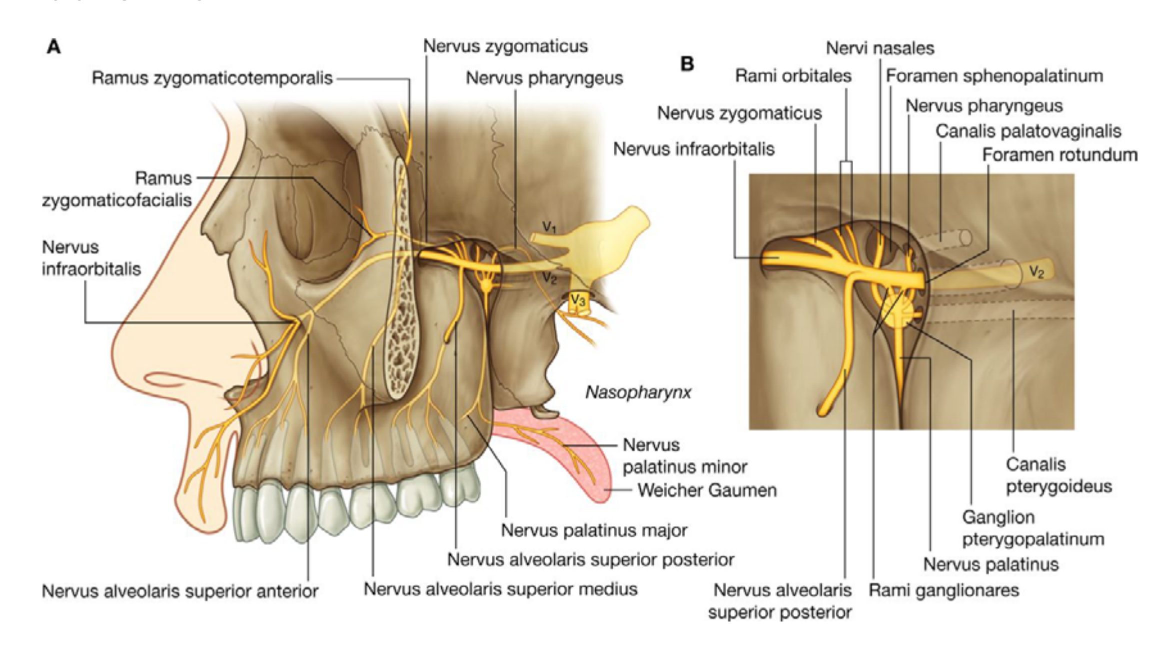
- Der Ramus zygomaticotemporalis zieht am Boden der lateralen Orbitawand weiter vorwärts, tritt durch einen kleinen knöchernen Kanal im Os zygomaticum, um anschließend durch ein kleines Foramen an der posterioren Fläche des Processus frontalis des Os zygomaticum in die Fossa temporalis zu gelangen. Von hier aus tritt er an die Oberfläche und innerviert die Haut der Schläfenregion.
- Der Ramus zygomaticofacialis zieht ebenfalls am Boden der lateralen Orbitawand vorwärts und verlässt die Orbita durch einen kleinen knöchernen Kanal am Rand, der an der anterolateralen Fläche des Os zygomaticum aus vielen kleinen Löchern besteht. Die sich abzweigenden Äste innervieren die benachbarten Hautregionen.

Nervus alveolaris superior posterior

Der Nervus alveolaris superior posterior (Abb. 8.146) entspringt in der Fossa pterygopalatina aus dem Nervus maxillaris [V_2] und zieht lateral durch die Fissura pterygomaxillaris, um in die Fossa infratemporalis zu gelangen. Er verläuft weiter nach laterokaudal und zieht an der Hinterseite der Maxilla, ungefähr auf halber Strecke zwischen dem letzten Molaren und der Fissura orbitalis inferior, durch ein kleines Foramen alveolare. Von dort verläuft er direkt unter der Schleimhaut des Sinus maxillaris nach kaudal und bildet im Oberkiefer den **Plexus dentalis superior**.

928

Abb. 8.146



Nervus maxillaris [V_2]. **A**. Endäste. **B**. Räumliche Beziehung zum Ganglion pterygopalatinum.

Der Nervus alveolaris superior posterior innerviert die Molaren, das dazugehörige bukkale Zahnfleisch und beteiligt sich an der Schleimhautinnervation des Sinus maxillaris.

Nervus infraorbitalis

Der Nervus maxillaris [V_2] setzt sich nach vorn als Nervus infraorbitalis (Abb. 8.146) fort. Er verlässt die Fossa pterygopalatina durch die Fissura orbitalis inferior und tritt hier sofort in den Sulcus infraorbitalis am Boden der Orbita ein. Der Sulcus geht rostral in den Canalis infraorbitalis über, der etwa 5 mm unterhalb des kaudalen Orbitarandes in das Gesicht mündet.

Im Verlauf durch den Sulcus infraorbitalis und den Canalis infraorbitalis gehen aus dem Nervus infraorbitalis die **Rami alveolares superiores medii** und **anteriores** ab, die sich schließlich dem **Plexus alveolaris superior** anlegen, um die oberen Zähne zu innervieren:

- Der Nervus alveolaris superior medius innerviert auch die Schleimhaut des Sinus maxillaris.
- Aus dem Nervus alveolaris superior anterior entspringt ein kleiner nasaler Ast, der medial durch die laterale Nasenwand zieht, um dort Anteile der Schleimhaut des Bodens und der Wände zu innervieren.

Der Nervus infraorbitalis tritt am Rand der Orbita durch das Foramen infraobitale aus dem Canalis infraorbitalis aus und teilt sich in die Rami nasales, palpebrales und labiales superiores:

- Die Rami nasales innervieren die Haut des lateralen Teils der äußeren Nase sowie Teile des Nasenseptums.
- Die Rami palpebrales innervieren die Haut des Unterlids.
- Die Rami labiales superiores innervieren die Haut der Wange, der Oberlippe und die benachbarte Mundschleimhaut.

Nervus canalis pterygoidei und Ganglion pterygopalatinum

Der Nervus canalis pterygoidei (Abb. 8.147) geht in der mittleren Schädelgrube aus der Vereinigung folgender Nerven hervor:

- Nervus petrosus major (Ast des Nervus facialis [VII])
- Nervus petrosus profundus (Ast des Plexus caroticus internus).

Der Nervus canalis pterygoidei zieht in die Fossa pterygopalatina, legt sich dem Ganglion pterygopalatinum an und führt hauptsächlich präganglionäre parasympathische und postganglionäre sympathische Nervenfasern.

Nervus petrosus major

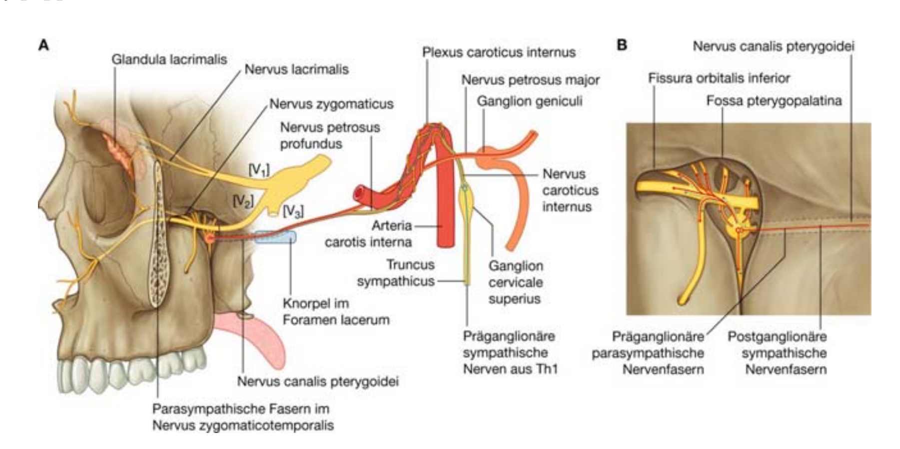
Der Nervus petrosus major, der im Os temporale vom Ganglion geniculi des Nervus facialis [VII] entspringt, verlässt das Os temporale durch einen kleinen Kanal, der sich durch eine Spalte zur Vorderfläche der Pars petrosa des Os temporale öffnet. Er verläuft anteromedial am Hinterrand der mittleren Schädelgrube entlang bis zur Arteria carotis interna und erreicht die Oberfläche des Knorpels oder Bindegewebes im Foramen lacerum.

929

930

In seinem Verlauf unter der Arteria carotis interna legt sich ihm der Nervus petrosus profundus an. Beide treten anschließend gemeinsam als Nervus canalis pterygoidei durch den Canalis pterygoideus (Vidianus-Kanal) der äußeren Schädelbasis.

Abb. 8.147



Nervus canalis pterygoidei. **A**. Übersicht. **B**. Zum Ganglion pterygopalatinum gehörend.

Der Nervus petrosus major führt parasympathische Fasern zu allen Drüsen, die oberhalb der Mundöffnung liegen, einschließlich

- der mukösen Drüsen der Nasenhöhle
- der Speicheldrüsen in der oberen Hälfte der Mundhöhle
- der Tränendrüse in der Orbita.

Der Nervus petrosus major führt auch einige Geschmacksfasern vom weichen Gaumen, die zunächst über die Nervi palatini minores in die Fossa pterygopalatina gelangen und sich dem Nervus petrosus major dann anschließen.

Nervus petrosus profundus

Der **Nervus petrosus profundus** führt postganglionäre sympathische Fasern, die im **sympathischen Ganglion cervicale superius** des Halses entspringen und das Ganglion als **Plexus caroticus internus** verlassen.

Die entsprechenden präganglionären Neurone liegen im Seitenhorn des Thorakalmarks (überwiegend Th1) und gelangen über entsprechende Spinalnerven zum oberen Grenzstranganglion.

Nach Durchtritt der Arteria carotis interna durch den Schädelknochen in die Schädelhöhle konvergieren einige Fasern des Plexus caroticus internus und bilden den Nervus petrosus profundus, der den Plexus caroticus internus in der mittleren Schädelgrube verlässt und sich dem Nervus petrosus major des Nervus facialis [VII] anlegt.

Der Nervus petrosus profundus führt postganglionäre sympathische Fasern, die hauptsächlich zu Blutgefäßen ziehen.

Ganglion pterygopalatinum

Der Nervus canalis pterygoidei zieht durch die kraniale Oberfläche des Knorpels oder Bindegewebes, das das Foramen lacerum verschließt, nach vorn und tritt durch den Canalis pterygoideus, der an der Wurzel des Processus pterygoideus des Os sphenoidale liegt. Er zieht durch den Kanal in die Fossa pterygopalatina zum Ganglion pterygopalatinum, das in unmittelbarer Nachbarschaft der Äste des Nervus maxillaris [V_2] liegt (Abb. 8.147).

Das **Ganglion pterygopalatinum** ist das größte der vier parasympathischen Kopfganglien und wird von Neuronen postganglionärer Nervenzellen gebildet. Die Neurone bilden mit präganglionären parasympathischen Fasern des Nervus facialis [VII] Synapsen. Diese Fasern erreichen das Ganglion über den Nervus petrosus major und den Nervus canalis pterygoidei.

Die postganglionären Fasern, die im Ganglion pterygopalatinum entspringen, vereinigen sich mit sympathischen Fasern (aus dem Nervus petrosus profundus) und legen sich den

Fasern der Rami ganglionares des Nervus maxillaris [V_2] an. Gemeinsam entstehen so Rami orbitales, Nervi palatini, Rami nasales und Rami pharyngeales, die das Ganglion verlassen.

Andere postganglionäre parasympathische und sympathische Fasern verlaufen kranial über die Rami ganglionares des Nervus maxillaris [V_2] und treten in den Hauptstamm des 930
931 Nervus maxillaris ein. Diese Fasern ziehen mit dem Nervus zygomaticus, dem Nervus alveolaris posterior superior und dem Nervus infraorbitalis zu den entsprechenden Zielorganen. Besondere Bedeutung haben die parasympathischen und sympathischen Fasern, die mit dem Nervus zygomaticus in die Orbita ziehen, da sie der Tränendrüseninnervation dienen.

Innervation der Tränendrüse

Etwa auf halber Strecke der Orbitawand verlassen die postganglionären parasympathischen und die sympathischen Fasern den Ramus zygomaticotemporalis des Nervus zygomaticus und bilden einen eigenständigen Nerv, der an der lateralen Orbitalwand hinaufzieht und sich dem Nervus lacrimalis anlegt (Abb. 8.147 und 8.81).

Der Nervus lacrimalis ist ein sensibler Ast des Nervus ophthalmicus [V_1], der am Rand zwischen lateraler Wand und Orbitadach nach vorn zieht.

Die postganglionären parasympathischen und sympathischen Fasern gelangen mit dem Nervus lacrimalis zur Tränendrüse.

Eine Läsion der parasympathischen Fasern, die das Gehirn als Teil des Nervus facialis [VII] verlassen und schließlich mit Ästen des Nervus ophthalmicus [V_1] zur Tränendrüse ziehen, kann zu einer verminderten Flüssigkeitsproduktion der Tränendrüse und damit zu einem trockenen Auge führen. Dabei ist eine Verminderung der Sehfähigkeit des betroffenen Auges möglich.

Arteria maxillaris

Die Arteria maxillaris ist ein Hauptast der Arteria carotis externa des Halses. Sie entspringt neben dem Collum mandibulae, zieht durch die Fossa infratemporalis nach vorn und tritt dann durch die Fissura pterygomaxillaris in die Fossa pterygopalatina ein (Abb. 8.148).

Der Teil der Arteria maxillaris, der durch die Fossa pterygopalatina verläuft (der dritte Teil der Arterie), gibt hier Äste ab, die den Nervus maxillaris [V_2] und Äste des Ganglion pterygopalatinum begleiten.

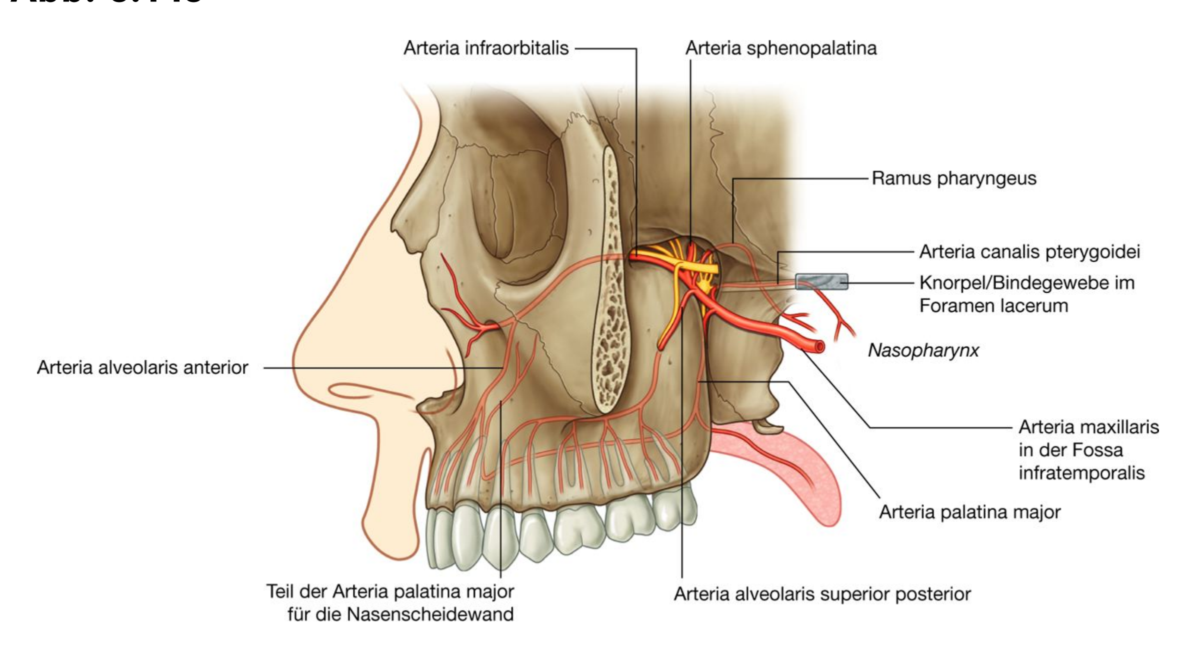
Zu den Ästen der Arteria maxillaris gehören die Arteriae alveolaris superior posterior, infraorbitalis und palatina major, der Ramus pharyngeus, die Arteria sphenopalatina und die Arteria canalis pterygoidei. Zusammen versorgen die Gefäße einen Großteil der Nasenhöhle, des Dachs der Mundhöhle sowie sämtliche oberen Zähne. Zusätzlich tragen sie zur Blutversorgung der Nasennebenhöhlen, des Oropharynx und des Bodens der Orbita bei.

Äste

Arteria alveolaris superior posterior

Die **Arteria alveolaris superior posterior** entspringt aus der Arteria maxillaris an ihrem Durchtritt durch die Fissura pterygomaxillaris. Sie trifft auf den Nervus alveolaris superior posterior, begleitet ihn durch das Foramen alveolare an der infratemporalen Oberfläche der Maxilla und versorgt die Molaren und Prämolaren, das zugehörige Zahnfleisch sowie den Sinus maxillaris.

Abb. 8.148



Arteria maxillaris in der Fossa pterygopalatina.

931

932

Arteria infraorbitalis

Die Arteria infraorbitalis zieht mit dem Nervus infraorbitalis nach vorn und verlässt die Fossa pterygopalatina durch die Fissura orbitalis inferior. Die Arterie liegt mit dem Nervus infraorbitalis im Sulcus infraorbitalis, zieht durch den Canalis infraorbitalis und kommt durch das Foramen infraorbitale an die Oberfläche, um Teile des Gesichts zu versorgen.

Im Canalis orbitalis entspringen aus der Arteria infraorbitalis folgende Äste:

- Äste, die zur Blutversorgung der Strukturen in der Nähe des Orbitabodens beitragen – Musculus rectus inferior, Musculus obliquus inferior und Saccus lacrimalis
- die **Arteriae alveolares superiores anteriores**, die die oberen Schneide-und Eckzähne und den Sinus maxillaris versorgen.

Arteria palatina major

Die **Arteria palatina major** tritt mit dem Nervus palatinus kaudal in den Canalis palatinus ein. Sie gibt die **Arteriae palatinae minores** ab, die durch die Foramina palatina minora ziehen, um den weichen Gaumen zu versorgen. Anschließend verläuft sie durch das Foramen palatinum majus, um den harten Gaumen mit Blut zu versorgen. Von hier verläuft sie an der Unterseite des Gaumens nach vorn, tritt in die Fossa incisiva ein und zieht dann durch den Canalis incisivus nach kranial. So beteiligt sie sich an der Blutversorgung des Nasenseptums.

Ramus pharyngeus

Der **Ramus pharyngeus** der Arteria maxillaris zieht nach dorsal und verlässt die Fossa pterygopalatina mit dem Nervus pharyngeus durch den Canalis palatovaginalis. Er versorgt den hinteren Teil des Nasenhöhlendachs, den Sinus sphenoidalis sowie die Tuba auditiva.

Arteria sphenopalatina

Die **Arteria sphenopalatina** ist ein Endast der Arteria maxillaris. Sie verlässt die Fossa pterygopalatina medial durch das Foramen sphenopalatinum und begleitet die Nervi nasales. Sie gibt ab:

- die Arteriae nasales posteriores laterales, die die laterale Nasenwand versorgen und zur Versorgung der Nasennebenhöhlen beitragen
- die Rami septales posteriores, die medial am Dach der Nasenhöhle entlangziehen, um das Nasenseptum mit Blut zu versorgen. Der größte dieser Äste zieht vorn am Septum schräg nach vorn unten, um mit der Arteria palatina major über den Canalis incisivus zu anastomosieren.

Arteria canalis pterygoidei

Die Arteria canalis pterygoidei zieht nach dorsal in den Canalis pterygoideus. Sie versorgt das umliegende Gewebe und endet, nachdem sie kaudal durch den Knorpel oder das Bindegewebe im Foramen lacerum gezogen ist, in der Schleimhaut des Nasopharynx.

Venen

Venen, die Blut der Endäste des Arteriamaxillaris-Stromgebiets drainieren, verlaufen im Allgemeinen mit den Arterienästen zurück in die Fossa pterygopalatina.

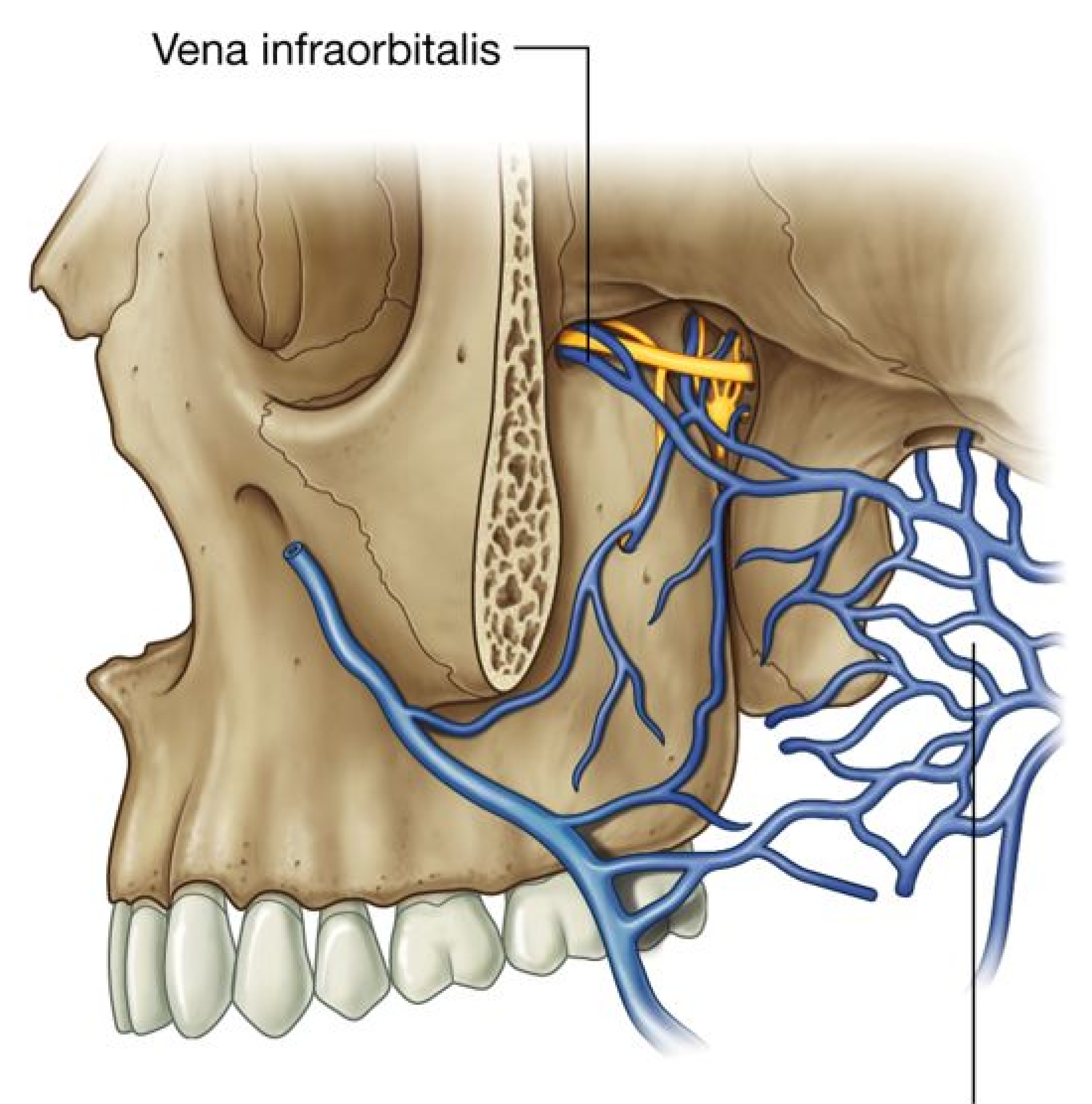
Die Venen vereinigen sich größtenteils in der Fossa pterygopalatina und ziehen dann lateral durch die Fissura pterygomaxillaris in die Fossa infratemporalis. Hier werden sie Teil des venösen Plexus pterygoideus (Abb. 8.149).

Die Vena infraorbitalis, die das Blut des Orbitabodens aufnimmt, kann auch durch den lateralen Teil der Fissura orbitalis inferior direkt in die Fossa infratemporalis übertreten und so die Fossa pterygopalatina umgehen.

HALS

Der Hals ist ein röhrenförmiges Verbindungsglied zwischen Kopf und Oberkörper. Er erstreckt sich auf der Vorderseite vom unteren Ende der Mandibula bis zur Oberkante des Manubrium sterni und auf der Hinterseite von der Linea nuchalis superior des Os occipitale des Schädels bis zum Discus intervertebralis zwischen den Wirbelkörpern C7 und Th1. Im Hals sorgen vier Bindegewebsräume für einen longitudinalen Aufbau (Abb. 8.150):

Abb. 8.149



Venen der Fossa pterygopalatina.

- Das viszerale Kompartiment liegt vorn und enthält Teile des Verdauungs-und Atmungssystems sowie einige Hormone bildende Drüsen.

932
933

- Das vertebrale Kompartiment liegt dorsal und enthält die Halswirbelsäule, das Rückenmark, Zervikalnerven und Muskeln der Halswirbelsäule.
- Die beiden vaskulären Kompartimente liegen lateral und enthalten die wichtigsten Blutgefäße sowie den Nervus vagus [X].

Alle Bindegewebsräume liegen innerhalb einzelner Schichten der Fascia cervicalis (Halsfaszie).

Zur Erleichterung der Beschreibung wird der Hals in ein vorderes und ein laterales Halsdreieck eingeteilt (Abb. 8.151):

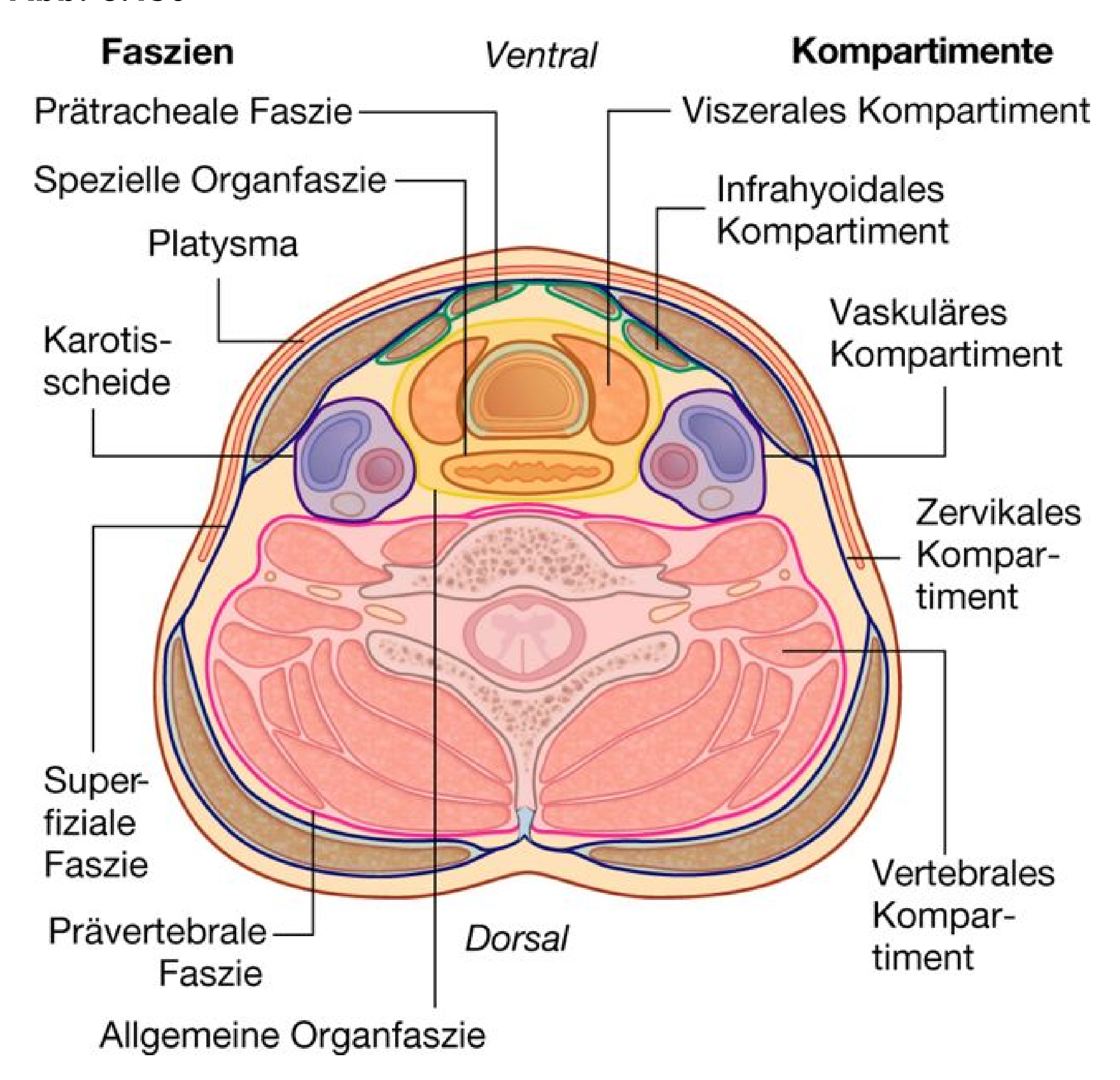
- Die Begrenzung des **vorderen Halsdreiecks** sind der Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus, der Unterrand der Mandibula sowie der Oberrand des Manubrium sterni.
- Die Begrenzung des **lateralen Halsdreiecks** sind der Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus, der Vorderrand des Musculus trapezius sowie das mittlere Drittel der Clavicula.

Fascia cervicalis

Die Halsfaszie (Fascia cervicalis) besteht aus mehreren Blättern, die eine Reihe außergewöhnlicher Merkmale besitzen. Sie gliedert sich in

- die Lamina superficialis, die alle Strukturen des Halses umgibt
- die Lamina pretrachealis, die die infrahyalen Muskeln einscheidet
- die Lamina prevertebralis, die die Wirbelsäule und die tiefen Nackenmuskeln sowie einige Rückenmuskeln umgibt
- die Vagina carotica, die die beiden Hauptgefäßnervenstränge auf beiden Seiten des Halses einscheidet
- die allgemeine Organfaszie, die sämtliche Halsorgane wie Pharynx, Larynx, Kehlkopf, Schilddrüse und Nebenschilddrüsen als Ganzes umscheidet
- die Organfaszien, die jedes Halsorgan wie Pharynx, Larynx, Kehlkopf, Schilddrüse und Nebenschilddrüsen einzeln umgeben.

Abb. 8.150



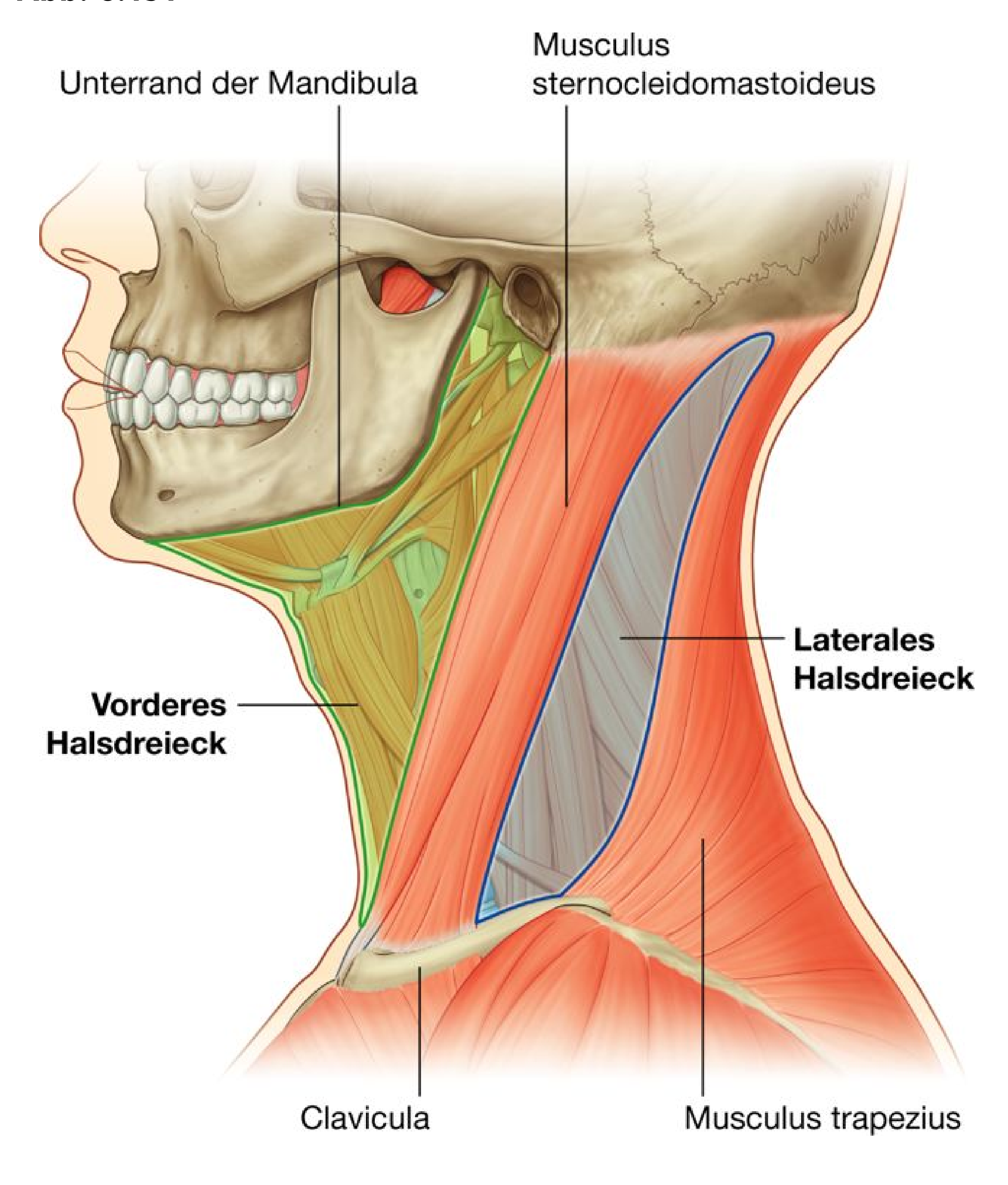
Bindegewebsräume des Halses.

Oberflächliches Blatt der Halsfaszie (Lamina superficialis fasciae cervicalis)

Das oberflächliche Blatt **(Lamina superficialis)** der Halsfaszie umgibt alle Halsstrukturen (Abb. 8.152, 8.153A und B) mit Ausnahme des oberflächlich auf der Faszie liegenden Platysmas. In die oberflächliche Halsfaszie sind die Musculi sternocleidomastoidei sowie die Halsanteile der Musculi trapezii eingelagert. Die Muskelfaszien der Musculi sternocleidomastoidei und des Halsanteils der Musculi trapezii sind mit dem oberflächlichen Halsfaszienblatt verschmolzen und so komplett von der oberflächlichen Halsfaszie eingescheidet.

Die Lamina superficialis ist folgendermaßen befestigt:

Abb. 8.151



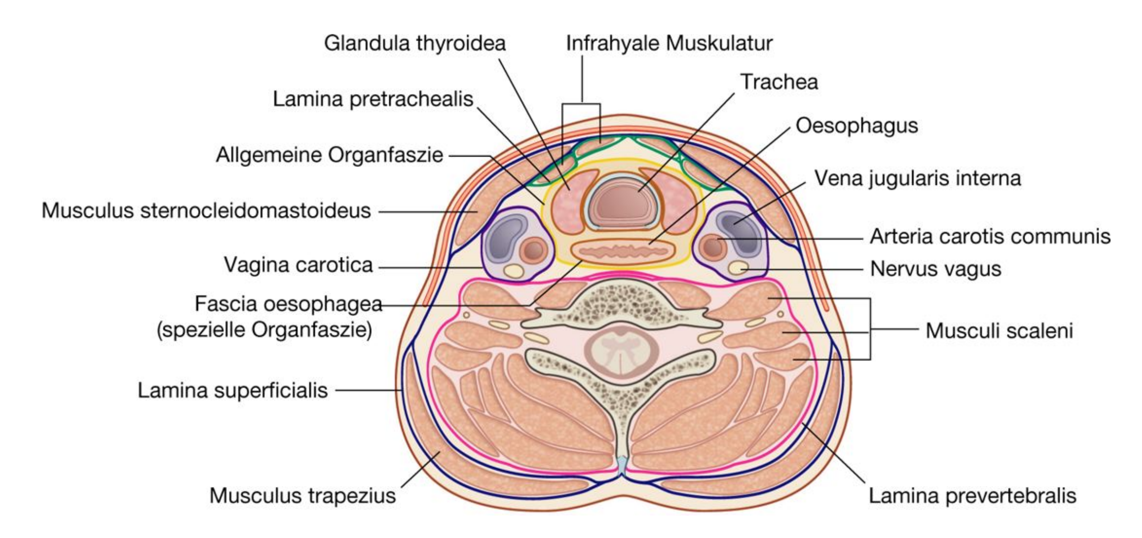
Vorderes und laterales Halsdreieck.

933

934

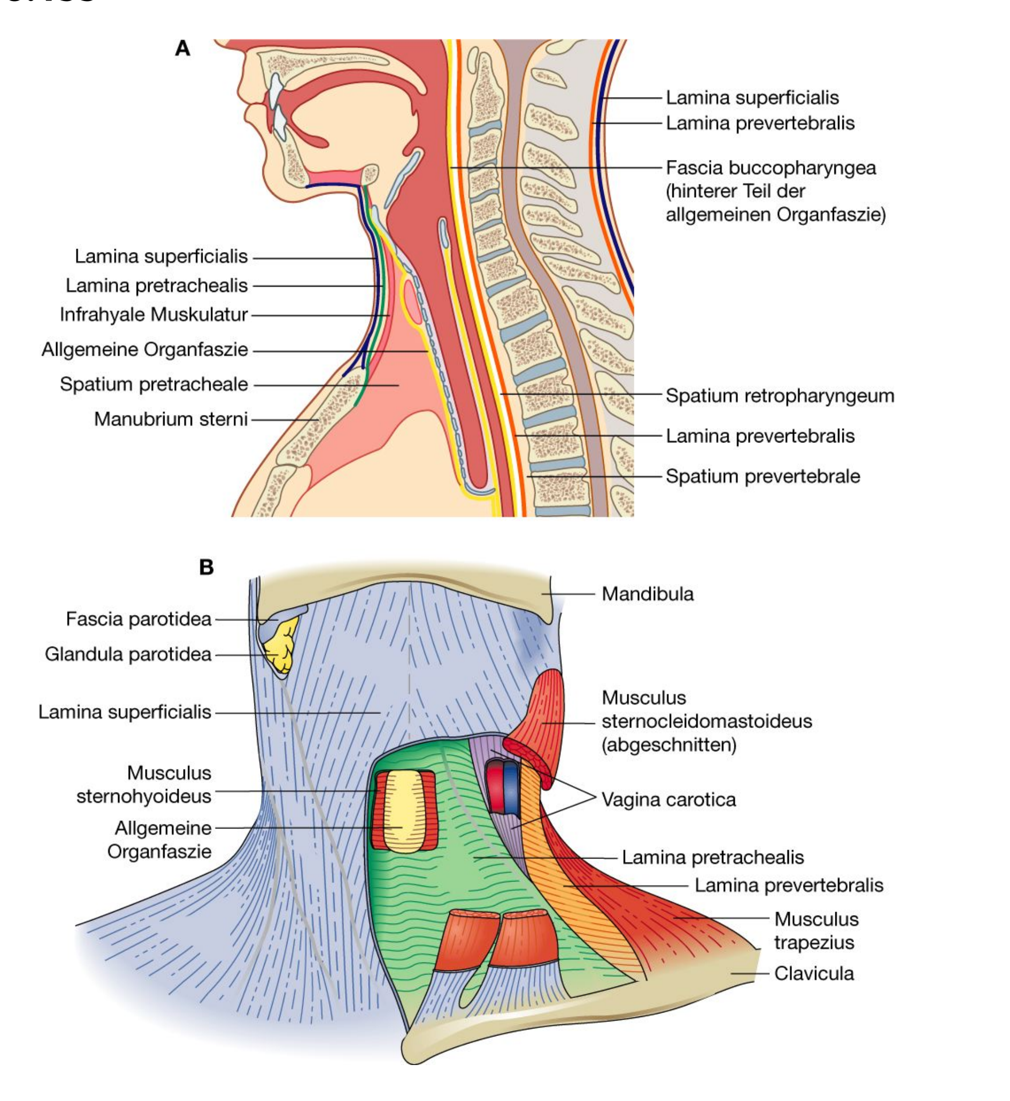
- oben an der Protuberantia occipitalis externa und an der Linea nuchalis superior
- lateral am Processus mastoideus

Abb. 8.152



Fascia cervicalis, Transversalschnitt.

Abb. 8.153



Fascia cervicalis. **A**. Sagittalschnitt. **B**. Ansicht von ventral.

- vorn oben am Unterrand des Angulus mandibulae und am gesamten Unterrand des Corpus mandibulae bis zum Tuberculum mentale
- unten an der Spina scapulae, dem Acromion, der Clavicula und dem Manubrium sterni.

Das oberflächliche Halsfaszienblatt setzt sich auf die angrenzenden Faszien fort, beispielsweise vorn auf die Faszie des Musculus pectoralis major unterhalb der Clavicula oder dorsal auf die Muskelfaszie des Musculus trapezius.

Sowohl die Venae jugulares externa und anterior, der Nervus occipitalis minor, der Nervus auricularis magnus, der Nervus transversus colli, die Nervi supraclaviculares als auch die Äste des Plexus brachialis durchbohren die Lamina superficialis.

Platysma

Oberflächlich direkt unter der Haut, aber noch oberhalb der Lamina superficialis der Fascia cervicalis (epifaszial) befindet sich eine dünne Muskelplatte, das Platysma. Es handelt sich dabei um einen mimischen Muskel, der im Hals liegt. Das Platysma inseriert am Unterrand des Corpus mandibulae (Abb. 8.50) und entspringt mit seinen Fasern in der Haut unterhalb der Clavicula im Brustbereich.

Der platte Muskel wird vom Ramus colli des Nervus facialis [VII] innerviert. Der Ramus colli steht regelmäßig mit dem Nervus transversus colli (C2, C3) aus dem Punctum nervosum (Erb-Punkt; Plexus cervicalis) in Kontakt. Die Verbindung wird als Ansa cervicalis superficialis bezeichnet. Über die Ansa gelangen motorische Nervenfasern des Nervus transversus colli über den Nervus transversus colli zu den weiter entfernt liegenden Abschnitten des Platysmas und innervieren es. Der Nervus transversus colli verläuft direkt unterhalb des Platysmas. Funktionell führt das Platysma als mimischer Muskel bei Kontraktion zu einer Drohgebärde.

Mittleres Blatt der Halsfaszie (Lamina pretrachealis fasciae cervicalis)

Das mittlere Halsfaszienblatt **(Lamina pretrachealis)** befindet sich im vorderen Bereich des Halses. Es umscheidet die infrahyalen Muskeln – Musculi sternohyoideus, sternothyroideus, thyrohyoideus und omohyoideus und verbindet die Muskeln als Faszienplatte untereinander. Die mittlere Halsfaszie (Lamina pretrachealis) liegt wie ein Dreieck auf der Vorderseite des Halses unterhalb der oberflächlichen Halsfaszie und der Musculi sternocleidomastoidei. Die Spitze des Dreiecks ist am Zungenbein befestigt; die Basis des Dreiecks verläuft dem Ober- und Hinterrand des Manubrium sterni auf beiden Seiten etwa bis zum Beginn des letzten Drittels der Clavicula, bis zu der Stelle, an der der Venter inferior des Musculus omohyoideus hinter der Clavicula verschwindet. Die Seitenwände des Dreiecks sind auf beiden Seiten durch den Venter superior und den Venter inferior des Musculus omohyoideus vorgegeben (Abb. 8.153B).

Tiefes Blatt der Halsfaszie (Lamina prevertebralis fasciae cervicalis)

Die **Lamina prevertebralis** ist eine zylindrisch geformte Faszienschicht, die die Wirbelsäule und die dazugehörigen Muskeln umhüllt (Abb. 8.152 und 8.153). Zu diesen Muskeln gehört die prävertebrale Muskulatur, die Musculi scaleni anteriores, medii und posteriores sowie die tiefen Rückenmuskeln.

Die Fascia prevertebralis ist dorsal an der Längsseite des Ligamentum nuchae befestigt und bildet oben eine durchgängige kreisförmige Linie, die an der Schädelbasis angeheftet ist:

Diese Linie

- beginnt vorn an der Befestigung der Faszie am basilären Teil des Os occipitale in der Nähe des Foramen jugulare und des Canalis caroticus
- erstreckt sich über den Processus mastoideus in laterale Richtung
- zieht entlang der Linea nuchalis superior bis zur Protuberantia occipitalis externa nach hinten; hier verbindet sie sich mit der Lamina prevertebrais der gegenüberliegenden Seite.

Vorn ist die Lamina prevertebralis an den Vorderflächen der Processus transversi sowie an den Wirbelkörpern C1 bis C7 befestigt.

Der Verlauf der Fascia prevertebralis zwischen den Befestigungspunkten an den Processus transversi ist einzigartig. Hier teilt sich die Faszie in zwei Schichten, ein oberflächliches und ein tiefes Blatt, und schafft so zwischen der Schädelbasis bis zum Thorax einen longitudinalen Spaltraum, in dem sich lockeres Bindegewebe befindet (Abb. 8.152 und 8.153).

Im unteren Bereich des Halses weist die Lamina prevertebralis eine weitere Besonderheit auf. In anterolateraler Position erstreckt sich die Lamina prevertebralis von den Musculi scaleni anterior und medius zum Plexus brachialis und hüllt die Arteria subclavia in ihrem Verlauf in die Axilla ein. Diese Faszienerweiterung ist die **axilläre Plexusscheide**.

Allgemeine Organfaszie und spezielle Organfaszien (Organkapseln)

Die **allgemeine Organfaszie** besteht aus einer zusammenhängenden Faszienschicht, die den Pharynx, den Larynx, die Trachea, den Oesophagus, die Glandula thyroidea und die Glandulae parathyroideae umschließt (Abb. 8.152). Die allgemeine Organfaszie ist kranial dorsal verstärkt und sitzt hier als Fascia buccopharyngea an der Schädelbasis (Pars basilaris ossis occipitalis). Kaudal dorsal setzt sich die Organfaszie erst um den Pharynx und dann um die Speiseröhre bis in das Mediastinum fort. Sie trennt so Pharynx und Oesophagus von der Lamina prevertebralis (Abb. 8.153). Seitlich und ventral umschließt die allgemeine Organfaszie alle Halseingeweide wie Pharynx, Larynx, Trachea, Oesophagus, Glandula

935
936

thyroidea und Glandulae parathyroideae in einem gemeinsamen Schlauch und vereinigt sich ventral mit der Gegenseite. Ventral kaudal setzt sie sich um die Trachea bis in den Brustkorb fort. Zwischen der Rückseite des Brustbeins und der Trachea und somit zwischen Lamina pretrachealis und allgemeiner Organfaszie entsteht so das Spatium pretracheale im unteren Halsabschnitt und oberen Thoraxbereich.

Die **speziellen Organfaszien** (Organkapseln) umscheiden jedes Organ (Pharynx, Larynx, Trachea, Oesophagus, Glandula thyroidea, Glandulae parathyroideae) einzeln, sodass beispielsweise die Schilddrüse durch ihre spezielle Organkapsel von der speziellen Organkapsel des Kehlkopfes und der speziellen Organkapsel der Trachea getrennt ist. An den Oberflächen verschmelzen die Organkapseln teilweise mit der allgemeinen Organfaszie.

Vagina carotica

Die Vagina carotica (sog. Karotisscheide) jeder Seite ist ein Faszienschlauch, der die Arteria carotis communis, die Arteria carotis interna, die Vena jugularis interna sowie den Nervus vagus auf ihrem Weg durch den Hals umhüllt (Abb. 8.152).

Fasziale Kompartimente

Die Anordnung der Halsfaszien strukturiert den Hals in fünf longitudinal ausgerichtete Kompartimente (Abb. 8.150):

- Das erste Kompartiment (zervikales Kompartiment) ist das größte. Es schließt alle anderen drei Kompartimente ein und wird durch die Fascia superficialis begrenzt.
- Das zweite Kompartiment (infrahyoidales Kompartiment) umfasst die infrahyalen Muskeln, die in die Lamina pretrachealis eingebettet sind. Die Lamina pretrachealis erstreckt sich wie eine Schürze auf der Vorderseite des Halses vom Zungenbein bis zum Brustbein und den zwei medialen Dritteln der Clavicularückseite. Seitlich bilden die Musculi omohyoidei die Begrenzung.
- Das dritte Kompartiment (vertebrales Kompartiment) enthält die Wirbelsäule sowie die dazugehörige Muskulatur und wird von der Lamina prevertebralis umschlossen.
- Das vierte Kompartiment (viszerales Kompartiment) enthält Pharynx, Larynx, Trachea, Oesophagus, Glandula thyroidea sowie Glandulae parathyroideae und wird von der allgemeinen Organfaszie umgeben.
- Schließlich gibt es noch ein fünftes Kompartiment (Karotisscheide), die Vagina carotica, die die neurovaskulären Strukturen umhüllt, die von der Schädelbasis bis zur Thoraxhöhle ziehen.

Fasziale Räume (Spatien)

Zwischen den Halsfaszienblättern befinden sich Abschnitte, denen bei der Ausbreitung von Infektionen vom Hals bis in das Mediastinum Bedeutung zukommt.

Drei Gebiete können dabei involviert sein (Abb. 8.153):

- Das **Spatium pretracheale** zwischen der Lamina pretrachealis, die die Hinterfläche der infrahyalen Muskeln bedeckt, und der allgemeinen Organfaszie, die die Vorderfläche der Trachea und der Glandula thyroidea bedeckt. Das Spatium pretracheale kommuniziert mit dem Hals und dem vorderen Anteil des oberen Mediastinums.
- Das zweite Gebiet ist das **Spatium retropharyngeum** zwischen der allgemeinen Organfaszie (kranial – Fascia buccopharyngea) an der Hinterseite des Pharynx und des Oesophagus und der Fascia prevertebralis auf der Vorderfläche der Processus transversi und den Halswirbelkörpern; es erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum oberen Teil des hinteren Mediastinums.
- Das **Spatium prevertebrale** liegt innerhalb des oberflächlichen und des tiefen Faszienblattes der Lamina prevertebralis an der Stelle, an der die Faszie die anteriore Fläche der Processus transversi und die Körper der Halswirbel bedeckt. Durch die hier stattfindende Aufspaltung der Lamina prevertebralis in ein oberflächliches und ein tiefes Blatt entsteht das Spatium prevertebrale, das von der Schädelbasis durch das hintere Mediastinum bis zum Diaphragma reicht.

Oberflächlicher venöser Abfluss

Venae jugulares externae und Venae jugulares anteriores sind die wichtigsten Gefäße für den oberflächlichen venösen Abfluss des Halses (Abb. 8.154).

Vena jugularis externa

Die Vena jugularis externa entsteht hinter dem Angulus mandibulae im Bereich der Vereinigungsstelle von **Vena auricularis posterior** und **Vena retromandibularis:**

- Die Vena auricularis posterior drainiert die Kopfhaut hinter und oberhalb der Ohrmuschel.
- Die Vena retromandibularis bildet sich an der Vereinigungsstelle von **Vena temporalis superficialis** und **Vena maxillaris** im Parenchym des tiefen Anteils der Glandula parotidea. Sie zieht bis zum Angulus mandibulae und teilt sich hier in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt (Abb. 8.154). Der hintere Teil vereinigt sich mit der Vena auricularis posterior und bildet so die Vena jugularis externa. Der vordere Teil mündet in die **Vena facialis** ein, die ihrerseits in die Vena jugularis interna einmündet.

Direkt nach ihrem Abgang zieht die Vena jugularis externa auf der Fascia superficialis den Hals gerade hinunter. Sie verläuft über den Musculus sternocleidomastoideus und tritt in das laterale Halsdreieck über. Hier durchbohrt sie oberhalb der Clavicula die Lamina superficialis fasciae cervicalis, zieht hinter der Clavicula in die Tiefe und mündet in die **Vena subclavia**.

936
937

Zu den Zuflüssen der Vena jugularis externa gehören die **Vena jugularis externa posterior** (von oberflächlichen Gebieten der Rückseite des Halses) sowie die **Vena transversa colli** und die **Vena suprascapularis**, die Blut von der Hinterseite der Scapula drainieren.

Der Verlauf und der Durchmesser der Venae jugulares externae sind sehr variabel; es können große Seitenvariabilitäten bestehen.

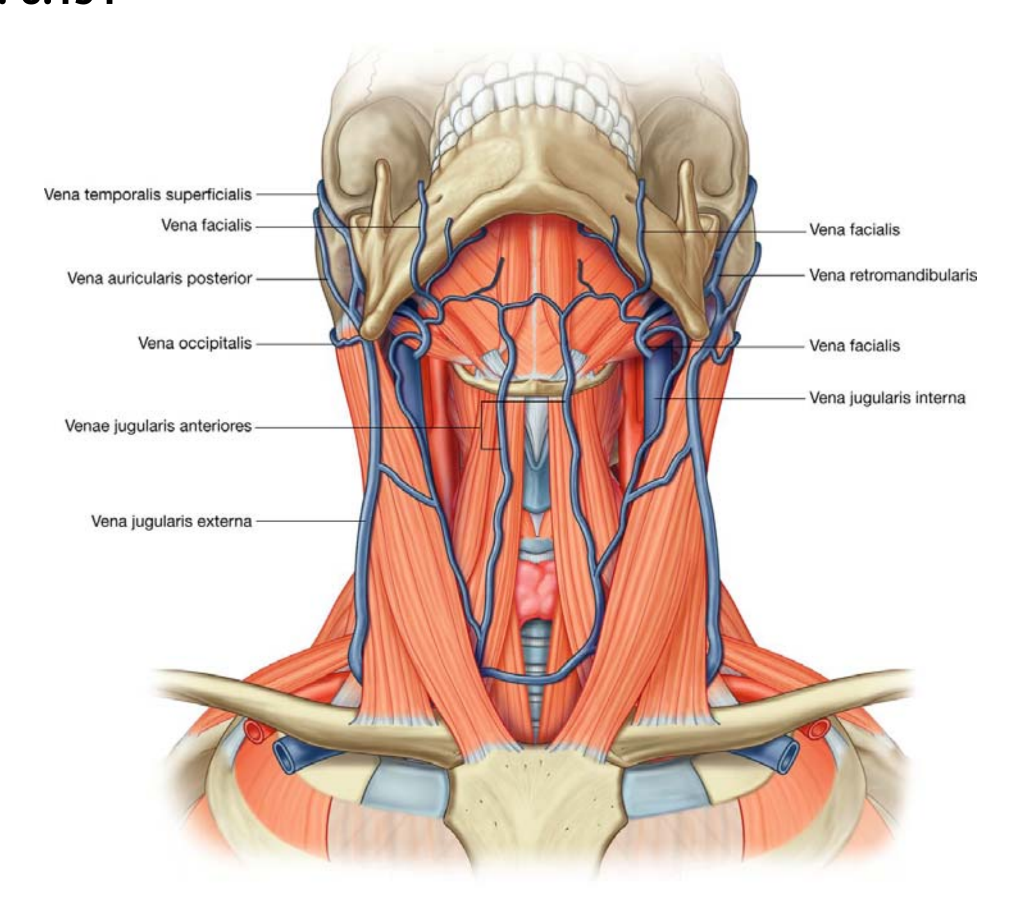
Vena jugularis anterior

Die **Venae jugulares anteriores** werden trotz ihrer Variabilität und Inkonsistenz immer als Venen beschrieben, welche die vordere Region des Halses drainieren (Abb. 8.154). Die beiden Gefäße, die als kleine Venen beginnen, treffen am Os hyoideum oder direkt darüber aufeinander. Jede Vena jugularis anterior verläuft auf der Lamina superficialis auf ihrer entsprechenden Seite lateral der Mittellinie des Halses abwärts.

Kaudal nahe dem Caput mediale des Musculus sternocleidomastoideus am Manubrium sterni durchbohrt jede Vena jugularis anterior die Lamina superficialis fasciae cervicalis und mündet in die Vena subclavia ein.

Nahe der Incisura jugularis sterni kommen häufig Anastomosen zwischen linker und rechter Vena jugularis anterior in Form eines **Arcus venosus juguli** vor.

Abb. 8.154



Oberflächliche Venen des Halses.

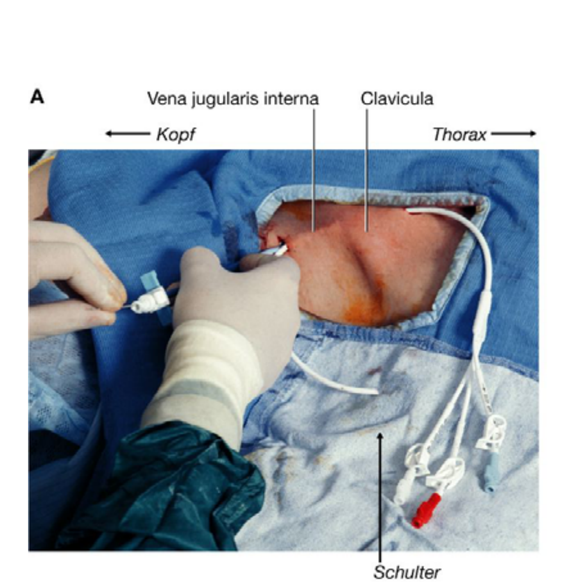
Klinik

Zentralvenöser Zugang Um Medikamente oder Flüssigkeiten intravenös in den Körper zu injizieren oder um Blut abzunehmen, reicht es in den meisten Fällen aus, einen Zugang in Arm- oder Beinvenen zu legen. In bestimmten Fällen muss man allerdings großlumige zentralvenöse Katheter legen, um beispielsweise Medikamente zu verabreichen, die peripher schnell zu einer Phlebitis (Venenentzündung) führen würden. Auch zur Dialyse oder zur parenteralen Ernährung muss man zentralvenöse Katheter legen.

Für das Legen eines zentralvenösen Zugangs erfolgt eine „blinde Punktion" der Vena subclavia oder der Vena jugularis. Allerdings ist eine Punktion der Vena subclavia nicht ganz risikofrei, da sie in ihrem Verlauf hinter der Clavicula direkt über die Pleurakuppel zieht. Jede „Subklaviapunktion" (gemeint ist die Vena subclavia) birgt daher das Risiko eines Pneumothrax. Versehentliche arterielle Punktion oder Venenverletzungen mit Verletzung der Pleurakuppel können ebenso zu einem Hämopneumothorax führen.

Eine Punktion der Vena jugularis interna (Abb. 8.155) ist ungefährlicher. Allerdings kann es auch hier zu lokalen Hämatomen sowie zu Verletzungen der Arteria carotis interna mit ernsten Komplikationen kommen.

Abb. 8.155





Legen eines zentralvenösen Katheters am Hals. **A**. Legen eines Vena-jugularis-interna-Kathethers. **B**. Röntgenbild des Thorax nach Einbringen des Katheters; die Spitze des Katheters liegt im rechten Vorhof.

Klinik

Faszienverhältnisse von Kopf und Hals

Der Hals enthält verschiedene Kompartimente, die von eigenständigen Faszien begrenzt werden. Alle Kompartimente liegen innerhalb der Lamina superficialis fasciae cervicalis. Aus klinischer Sicht sind die Kompartimente von Bedeutung, da sich Infektionen innerhalb der Kompartimente oder in den Räumen zwischen den Kompartimenten ausbreiten können. So kann sich beispielsweise eine Infektion im Spatium pretracheale nach kaudal in das obere Mediastinum bis vor das Perikard ausbreiten.

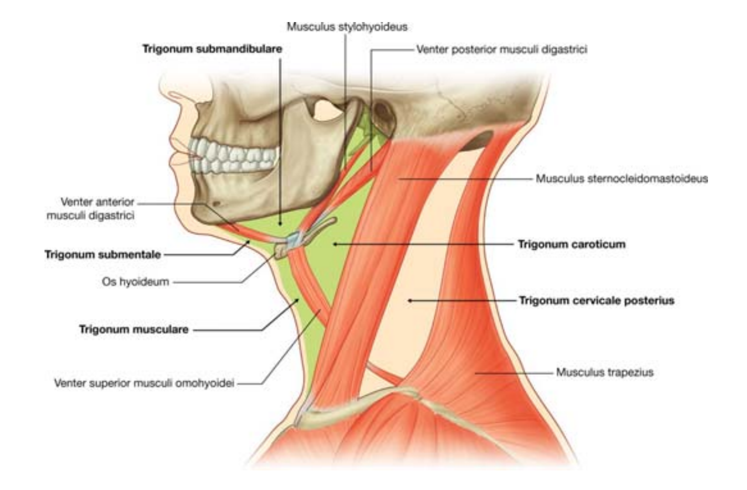
938
939

Vorderes Halsdreieck

Das vordere Halsdreieck wird lateral vom Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus, kranial vom Unterrand der Mandibula und medial von der Mittellinie des Halses begrenzt (Abb. 8.156). Es wird ferner in folgende kleinere Dreiecke unterteilt:

- Das **Trigonum submandibulare** wird vom Unterrand der Mandibula und vom Venter anterior und Venter posterior des Musculus digastricus begrenzt.
- Das **Trigonum submentale** wird kaudal vom Os hyoideum, lateral vom Venter anterior des Musculus digastricus und medial von der Mittellinie des Halses begrenzt.
- Das **Trigonum musculare** wird kranial vom Os hyoideum, lateral vom Venter superior des Musculus omohyoideus und vom Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus sowie medial von der Mittellinie des Halses begrenzt.
- Das **Trigonum caroticum** wird vorn und unten vom Venter superior des Musculus omohyoideus, kranial vom Musculus stylohoideus und vom Venter posterior des Musculus digastricus sowie dorsal vom Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus begrenzt.

Abb. 8.156



Begrenzungen und Unterteilungen des vorderen Halsdreiecks.

Jedes der Dreiecke enthält zahlreiche Strukturen, die lageabhängig einem der Dreiecke zugeordnet werden. So gibt es Strukturen, die innerhalb eines spezifischen Dreiecks liegen, von außen in ein Dreieck eintreten, innerhalb eines Dreiecks entspringen und in ein anderes Dreieck übertreten oder auf ihrem Weg durch den Hals durch mehrere Dreiecke ziehen.

Die Beschreibung des vorderen Halsdreiecks verlangt deshalb eine systematische Abhandlung, die die Beschreibung der Muskeln, Gefäße und Nerven in den entsprechenden Dreiecken beinhaltet.

Muskulatur

Die Muskeln des vorderen Halsdreiecks (Tab. 8.12) werden gemäß ihrer Lage zum Os hyoideum gegliedert:

- Muskeln oberhalb des Os hyoideum sind **suprahyale Muskeln:** Musculi stylohyoideus, digastricus, mylohyoideus und geniohyoideus.
- Muskeln unterhalb des Os hyoideum sind **infrahyale Muskeln:** Musculi sternohyoideus, sternothyroideus, thyrohyoideus und omohyoideus.

939

Tab. 8.12 Muskulatur des vorderen Halsdreiecks

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus stylohyoideus	Basis des Processus styloideus	Laterale Seite des Os hyoideum	Nervus facialis [VII]	Zieht das Os hyoideum nach hinten oben
Musculus digastricus				
Venter anterior	Fossa digastrica an der Unterseite der Mandibula	Sehne zwischen den beiden Bäuchen am Corpus ossis hyoidei	Nervus mylohyoideus des Ramus alveolaris inferior des Nervus mandibularis [V_3]	Öffnet den Mund durch Senkung der Mandibula; hebt das Os hyoideum
Venter posterior	Incisura mastoidea an medialer Seite des Processus mastoideus des Os temporale		Nervus facialis [VII]	
Musculus mylohyoideus	Linea mylohyoidea mandibulae	Corpus ossis hyoidei und einige Fasern des Muskels der gegenüberliegenden Seite	Nervus mylohyoideus des Ramus alveolaris inferior des Nervus mandibularis [V_3]	Unterstützt und hebt den Mundboden; hebt das Os hyoideum
Musculus geniohyoideus	Spina mentalis inferior der Innenseite der Mandibula	Vorderfläche des Corpus ossis hyoidei	Ast des Ramus anterior Spinalnerv C1 (verläuft ein kurzes Stück mit dem Nervus hypoglossus [XII])	Zieht bei fixierter Mandibula das Os hyoideum nach vorn oben; senkt bei fixiertem Os hyoideum die Mandibula und zieht sie nach hinten, bei einseitiger Aktivität wird die Mandibula zur ipsilateralen Seite bewegt
Musculus sternohyoideus	Hinterfläche des Manubrium sterni, Gelenkkapsel des Sternoklavikulargelenkes und sternaler Teil der Clavicula	Unterrand des Os hyoideum	Ansa cervicalis profunda C1–C3	Zieht das Os hyoideum nach dem Schluckakt hinab
Musculus omohyoideus				

Venter superior	Sehne zwischen den beiden Bäuchen an der Karotisscheide	Unterrand des Corpus ossis hyoidei direkt lateral des Ansatzes des Musculus sternohyoideus	Ansa cervicalis profunda C1–C2	Zieht das Zungenbein nach kaudal, fixiert bei isometrischer Kontraktion das Zungenbein, spannt die mittlere Halsfaszie und zieht bei Kontraktion an der Karotisscheide – fördert dadurch venösen Rückstrom
Venter inferior	Margo superior der Scapula medial der Incisura suprascapularis	Sehne zwischen den beiden Bäuchen an der Karotisscheide	Ansa cervicalis profunda C2–C4	
Musculus thyrohyoideus	Tuberculum superius, Linea obliqua, Tuberculum inferius der Cartilago thyroidea	Cornu majus und benachbarter Teil des Corpus ossis hyoidei	Radix superior der Ansa cervicalis profunda C1-C2	Senkt das Os hyoideum bei fixiertem Larynx (Beeinflussung der Phonation), hebt den Larynx bei fixiertem Zungenbein (Schluckakt)
Musculus sternothyroideus	Hinterfläche des Manubrium sterni, Knorpel der 1. (und 2.) Rippe	Tuberculum superius und Tuberculum inferius der Cartilago thyroidea	Ansa cervicalis profunda (C1) C2–C3 (C4)	Zieht den Larynx hinab, fixiert bei isometrischer Kontraktion den Kehlkopf im Rahmen der Phonation

940
941

Suprahyale Muskulatur

Die vier suprahyalen Muskeln befinden sich im Trigonum submentale und im Trigonum submandibulare (Abb. 8.156). Sie ziehen vom Os hyoideum in kranialer Richtung zum Schädel oder zur Mandibula und heben das Os hyoideum während des Schluckaktes.

Musculus stylohyoideus

Der **Musculus stylohyoideus** entspringt an der Basis des Processus styloideus und zieht in ventrokaudaler Richtung, um an der lateralen Seite des Corpus ossis hyoidei (Abb. 8.157) anzusetzen. Während des Schluckaktes zieht er das Os hyoideum nach hinten oben. Er wird vom Nervus facialis [VII] innerviert.

Musculus digastricus

Der **Musculus digastricus** besitzt zwei Bäuche. Sie sind durch eine Sehne miteinander verbunden, die über eine Bindegewebsschlaufe am Corpus ossis hyoidei befestigt ist (Abb. 8.157):

- Der **Venter posterior** entspringt an der Incisura mastoidea der medialen Seite des Processus mastoideus des Os temporale.
- Der **Venter anterior** entspringt in der Fossa digastrica an der Innenseite der Mandibula.

Die Zwischensehne, die am Corpus ossis hyoideum befestigt ist, dient als Ansatzstelle beider Bäuche. Aufgrund dieser Anordnung hat der Muskel mehrere Funktionen, je nachdem, welcher Knochen fixiert wird:

- Bei fixierter Mandibula hebt der Musculus digastricus das Os hyoideum.
- Bei fixiertem Os hyoideum öffnet der Musculus digastricus den Mund, indem er die Mandibula senkt.

Die Innervation des Musculus digastricus erfolgt durch zwei verschiedene Hirnnerven.

Der Venter posterior musculi digastrici wird von einem Ast des Nervus facialis [VII] kurz nach dessen Austritt aus dem Foramen stylomastoideum innerviert; der Venter anterior musculi digastrici wird vom Nervus mylohyoideus des Nervus mandibularis (Nervus trigeminus [V]) innerviert.

Musculus mylohyoideus

Der **Musculus mylohyoideus** liegt oberhalb des Venter anterior musculi digastrici und bildet mit seinem Pendant der gegenüberliegenden Seite den Mundboden (Abb. 8.157). Er entspringt an der Linea mylohyoidea der Mandibula und setzt nicht nur am Os hyoideum an, sondern er vermischt sich auch mit dem Musculus mylohyoideus der Gegenseite.

Der Musculus mylohyoideus unterstützt und hebt den Mundboden. Ferner hebt er das Os hyoideum. Er wird vom Nervus mylohyoideus des Nervus mandibuluaris (Nervus trigeminus [V]) innerviert.

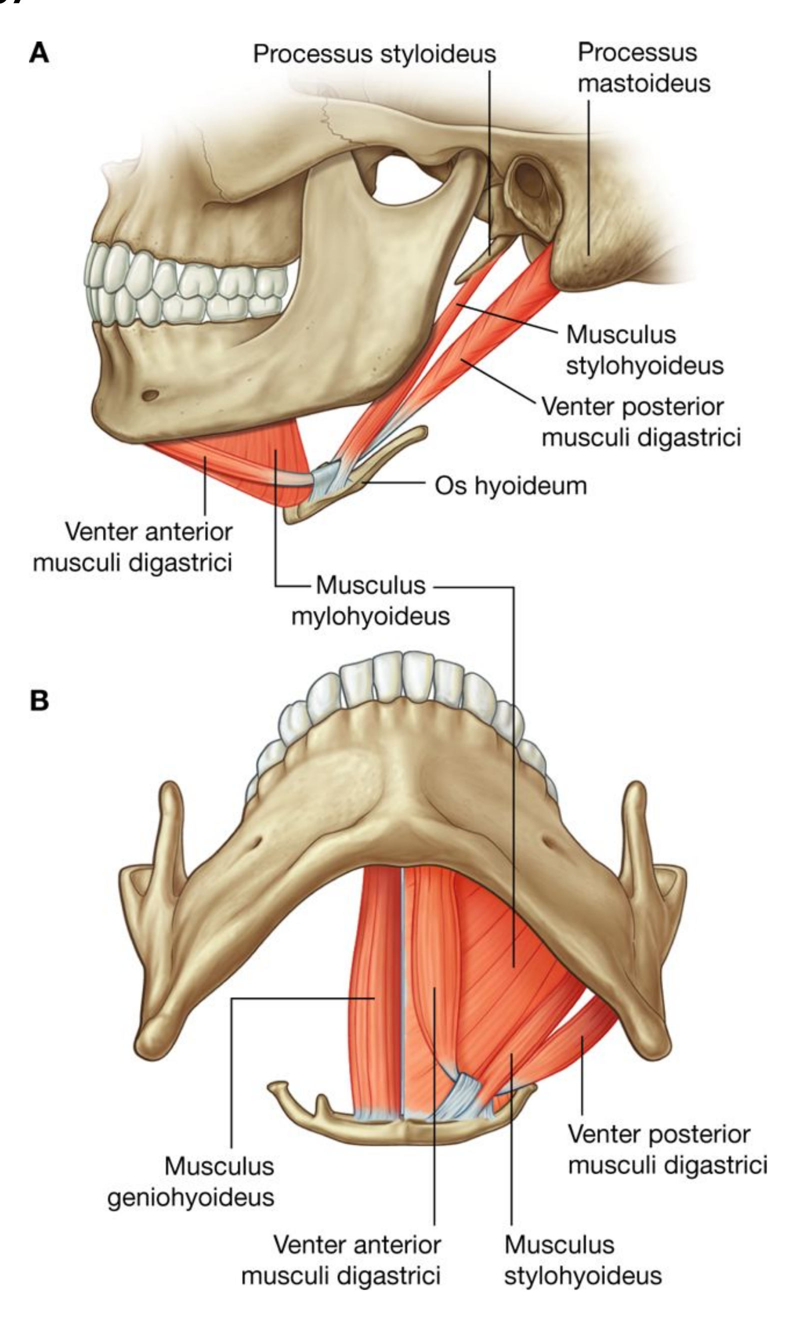
Musculus geniohyoideus

Der **Musculus geniohyoideus** ist der vierte Muskel aus der Gruppe der suprahyalen Muskeln (Abb. 8.157). Er ist ein schmaler Muskel und liegt oberhalb des medialen Anteils des Musculus mylohyoideus. Die Muskeln beider Seiten grenzen in der Mittellinie aneinander.

Der Musculus geniohyoideus entspringt an der Spina mentalis inferior der Mandibula und erstreckt sich dorsal bis zum Corpus ossis hyoidei.

Er hat zwei Funktionen, je nachdem welcher Knochen fixiert wird:

Abb. 8.157



Suprahyale Muskulatur. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von kaudal.

- Bei fixierter Mandibula hebt er das Os hyoideum an und zieht es nach vorn.

- Bei fixiertem Os hyoideum zieht er die Mandibula nach kaudal und innen.

Der Musculus geniohyoideus wird durch einen Ast des Ramus anterior des ersten Spinalnervs (C1) innerviert. Die Fasern schließen sich dem Nervus hypoglossus [XII] an, verlassen den zwölften Hirnnerv aber wieder und treten zum Musculus geniohyoideus.

Infrahyale Muskulatur

Die vier infrahyalen Muskeln liegen im Trigonum musculare (Abb. 8.156) des vorderen Halsdreiecks. Sie befestigen das Os hyoideum an weiter kaudal liegenden Strukturen und ziehen es so nach unten. Sie stellen außerdem eine stabile Befestigung für die suprahyale Muskulatur dar.

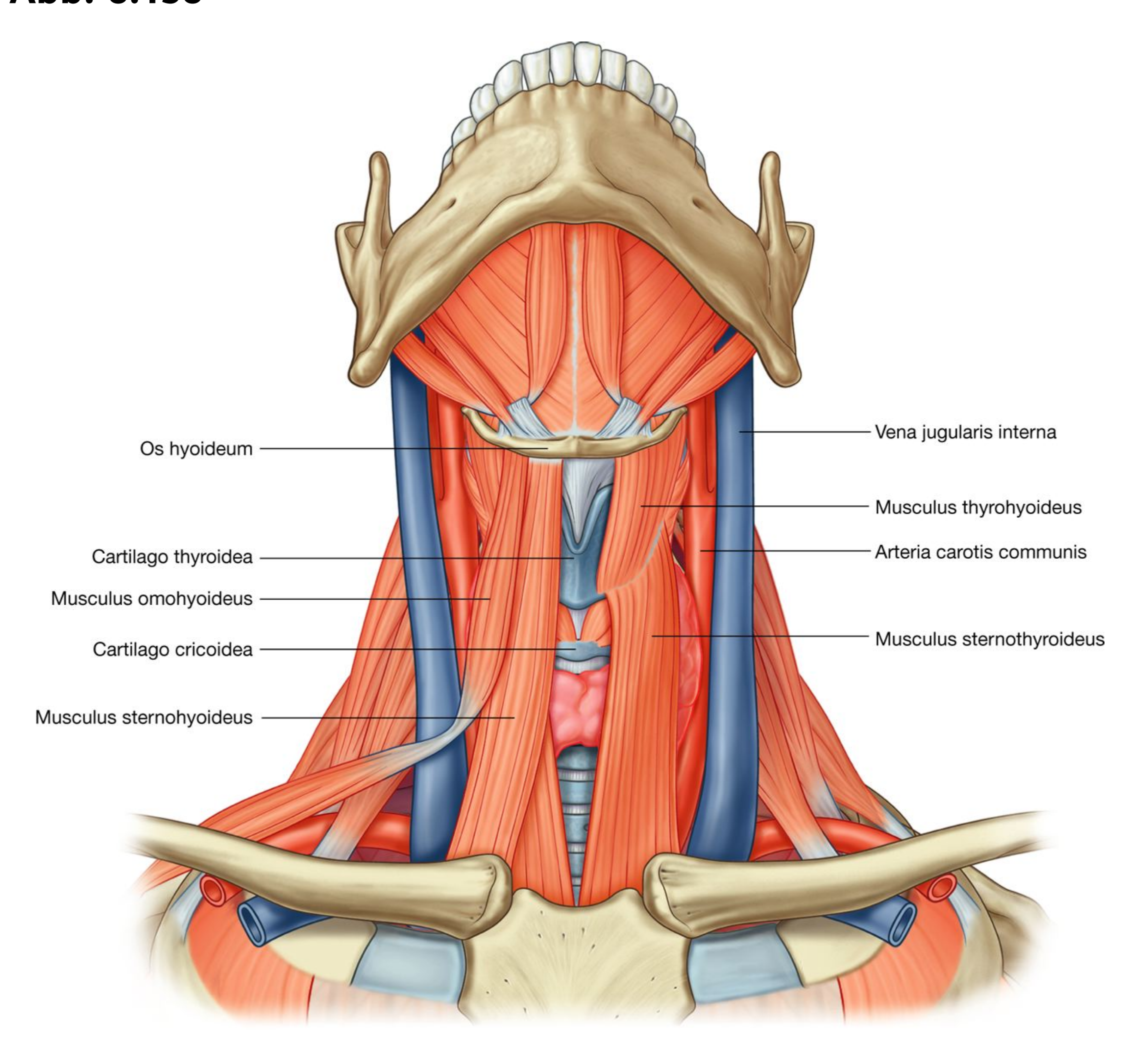
Musculus sternohyoideus

Der Musculus sternohyoideus ist ein langer, dünner Muskel der am dorsalen Anteil der Articulatio sternoclavicularis und am benachbarten Manubrium sterni entspringt (Abb. 8.158). Er verläuft nach kranial, um am Corpus ossi hyoidei anzusetzen, das er bei Kontraktion herabzieht. Außerdem wirkt er bei der Kieferöffnung und bei der Mahlbewegung mit, indem er das Zungenbeim fixiert. Er wird aus der Ansa cervicalis profunda von C1 bis C3 innerviert.

Musculus omohyoideus

Lateral des Musculus sternohyoideus liegt der Musculus omohyoideus (Abb. 8.158). Es handelt sich wie beim Musculus digastricus um einen zweibäuchigen Muskel mit einer in der Mitte liegenden Sehne, der sowohl durch das vordere als auch das laterale Halsdreieck verläuft:

Abb. 8.158



Infrahyale Muskulatur.

942

943

- Der **Venter inferior** entspringt medial der Incisura suprascapularis am Margo superior der Scapula, zieht durch das laterale Halsdreieck nach vorn oben und setzt an der Zwischensehne an, die hier direkt über die Karotisscheide verläuft.
- Der **Venter superior** entspringt an der Zwischensehne und zieht nach oben zum Corpus ossis hyoidei; er setzt direkt lateral der Ansatzstelle des Musculus sternohyoideus an.
- Die Zwischensehne liegt eingehüllt in der Lamina pretrachealis der Halsfaszie und ist an dieser Stelle mit der Karotisscheide verschmolzen. Bei Kontraktion des Musculus omohyoideus wird die Karotisscheide an dieser Stelle gespannt, und das Lumen der darin enthaltenen Vena jugularis interna erweitert sich. Dadurch wird der venöse Rückstrom durch die Vena jugularis interna verbessert.

Der Musculus omohyoideus zieht das Os hyoideum herab und fixiert es bei isometrischer Kontraktion. Er wird durch die vorderen Äste von C1 bis C3 der Ansa cervicalis profunda innerviert.

Musculus thyrohyoideus

Der Musculus thyrohyoideus liegt tief unter dem oberen Anteil des Musculus omohyoideus und dem Musculus sternohyoideus (Abb. 8.158). Er entspringt an der Linea obliqua der Cartilago thyroidea und zieht kranialwärts, um am Cornu majus und am benachbarten Teil des Corpus ossis hyoidei anzusetzen.

Der Musculus thyrohyoideus hat verschiedene Funktionen. Bei fixiertem Zungenbein hebt er den Kehlkopf an (spielt beim Schluckakt eine Rolle), außerdem kann er den Kehlkopf fixieren. In diesem Fall senkt er das Zungenbein und beeinflusst die Phonation (Stimmbildung). Der Musculus thyrohyoideus wird vom Ramus anterior des ersten Spinalnervs innerviert, der ein Stück mit dem Nervus hypoglossus [XII] verläuft.

Musculus sternothyroideus

Unterhalb des Musculus sternohyoideus und in kaudaler Fortsetzung des Musculus thyrohyoideus liegt der Musculus sternothyroideus (Abb. 8.158). Er entspringt an der Hinterfläche des Manubrium sterni und zieht kranialwärts zur Linea obliqua der Lamina cartilaginis thyroideae.

Der Musculus sternothyroideus zieht den Larynx (Cartilago thyroidea) nach kaudal. Darüber hinaus fixiert er bei isometrischer Kontraktion den Kehlkopf während der Phonation (Stimmbildung). Er wird durch Äste der Ansa cervicalis profunda (C1 – C4) innerviert.

Gefäße

Durch das vordere Halsdreieck ziehen die Arteriae carotides communes und deren Äste sowie die Arteriae carotides externae und internae. Die Gefäße übernehmen die gesamte arterielle Versorgung der Strukturen von Kopf und Hals.

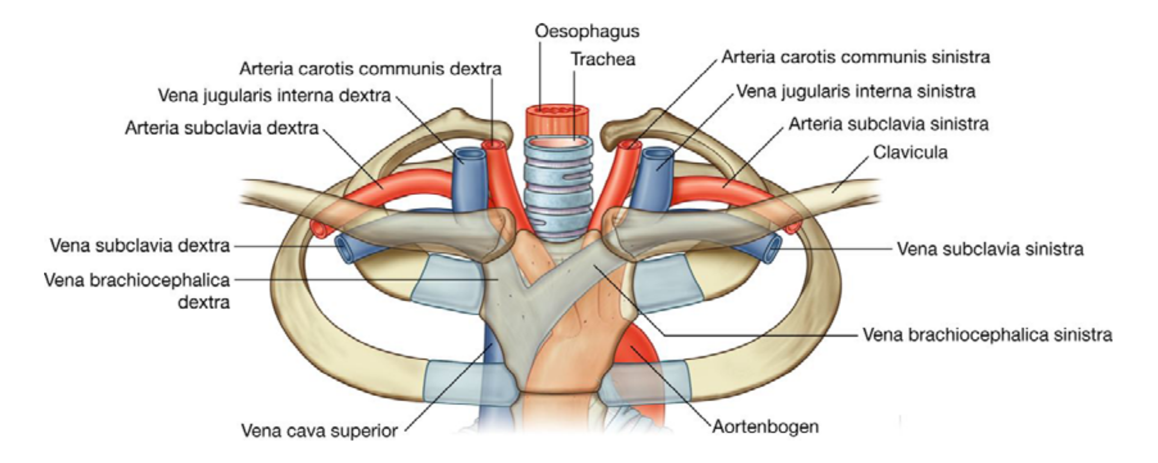
Mit dem arteriellen System sind die Vena jugularis interna und deren Zuflüsse verbunden. Die Venen drainieren das Blut sämtlicher Kopf- und Halsstrukturen.

Karotissystem

Arteria carotis communis

Die Arteriae carotides communes bilden den Beginn des Karotisstromgebiets (Abb. 8.159):

Abb. 8.159



Abgänge der Arteriae carotides communes.

- Die **Arteria carotis communis dextra** entspringt direkt hinter der rechten Articulatio sternoclavicularis aus dem Truncus brachiocephalicus und liegt in ihrem gesamten Verlauf im Hals.

943
944

- Die **Arteria carotis communis sinistra** entspringt im Thorax als Ast aus dem Aortenbogen und zieht kranialwärts entlang der linken Articulatio sternoclavicularis in den Hals.

Arteria carotis communis dextra und Arteria carotis communis sinistra verlaufen in der rechten und linken Karotisscheide durch den Hals. Die Karotisscheide verläuft direkt lateral von Trachea und Oesophagus kranialwärts. In ihrem Verlauf durch den Hals geben die Arteriae carotides communes keine Äste zu den Strukturen ab.

Auf Höhe des Oberrandes der Cartilago thyroidea teilt sich jede Arteria carotis communis in ihre zwei Endäste – die Arteria carotis externa und die Arteria carotis interna (Abb. 8.160).

Der obere Teil jeder Arteria carotis communis sowie die Aufteilung (Karotisbifurkation) in Arteria carotis externa und Arteria carotis interna liegen im Trigonum caroticum (Abb. 8.161), einem kleinen Teil des vorderen Halsdreiecks (Abb. 8.156).

Im Bereich der Karotisbifurkation sind sowohl die Arteria carotis communis als auch der Anfangsteil der Arteria carotis interna etwas erweitert. Diese Dilatation wird als **Sinus caroticus** bezeichnet. Der Sinus enthält Rezeptoren, die Veränderungen des Blutdrucks messen und von einem Ast des Nervus glossopharyngeus [IX] innerviert werden.

Ferner liegt in der Karotisbifurkation das **Glomus caroticum**. Dieses Chemorezeptoren enthaltende Rezeptorfeld misst Schwankungen der Blutgase, vor allem des Sauerstoffpartialdrucks. Das Glomus caroticum wird von Ästen des Nervus glossopharyngeus [IX] und des Nervus vagus [X] innerviert.

Arteria carotis interna

Nach ihrem Abgang aus der Arteria carotis communis setzt sich die Arteria carotis interna zur Schädelbasis fort (Abb. 8.160A). In diesem Teilstück gibt sie keine Äste zum Hals ab. Ihr Verlauf durch die Schädelbasis wird in vier Abschnitte unterteilt (Abb. 8.160B):

- Das Teilstück nach ihrem Abgang aus der Arteria carotis communis bis zum Eintritt in die Apertura externa des Canalis caroticus in der Schädelbasis ist die **Pars cervicalis**. Hier gehen keine Äste ab.
- Die sich anschließende **Pars petrosa** reicht von der Apertura externa des Canalis caroticus zur Apertura interna des Canalis caroticus. Die Arteria carotis interna gibt hier Arteriae caroticotympanicae zur Paukenhöhle sowie die Arteria canalis pterygoidei ab.
- Nach ihrem Austritt aus der Apertura interna des Canalis caroticus gelangt die Arteria carotis interna in den Sinus cavernosus und bildet hier den Karotissiphon. Dieser Abschnitt reicht bis zum Durchtritt durch die Dura mater und wird als **Pars cavernosa** bezeichnet. Die Arterie gibt hier kleine Äste zum Ganglion trigeminale, zum Sinus cavernosus, zu den Meningen, zum Tentorium cerebelli und zur Hypophyse (Arteria hypophysialis inferior) ab.
- Nach dem Durchtritt durch die Dura mater beginnt die **Pars cerebralis**. Sie reicht bis zum Eintritt in den Circulus arteriosus cerebri (Aufteilung in Arteria cerebri anterior und Arteria cerebri media). Innerhalb dieses Teilstücks gehen die Arteriae ophthalmica, choroidea anterior, communicans posterior sowie kleinere Äste zu den Meningen, dem Clivus und zur Hypophyse (Arteria hypophysialis superior) ab.

Die Arteria carotis interna versorgt somit beide Gehirnhälften, die Augen, Teile der Orbita, die Stirn, Teile der Meningen sowie die Hypophyse.

Arteria carotis externa

Die Arteriae carotides externae geben direkt nach ihrem Abgang aus der Arteria carotis communis Äste in nachsthender Reihenfolge ab (Abb. 8.160 und Tab. 8.13):

- Die **Arteria thyroidea superior** entspringt als erster Ast an der Vorderseite nahe der Karotisbifurkation und zieht nach vorn kaudal, um zum oberen äußeren Pol des jeweiligen Schilddrüsenlappens zu gelangen.
- Die **Arteria pharyngea ascendens** geht als zweiter und kleinster Ast an der Hinterwand der Arteria carotis externa ab und zieht zwischen Arteria carotis interna und Pharynx nach kranial.
- Die **Arteria lingualis** geht an der Vorderseite der Arteria carotis externa direkt oberhalb des Abgangs der Arteria thyroidea superior in Höhe des Os hyoideum ab.

Sie verläuft erst tief unterhalb des Nervus hypoglossus [XII] und anschließend zwischen Musculus constrictor pharyngis medius und Musculus hyoglossus.

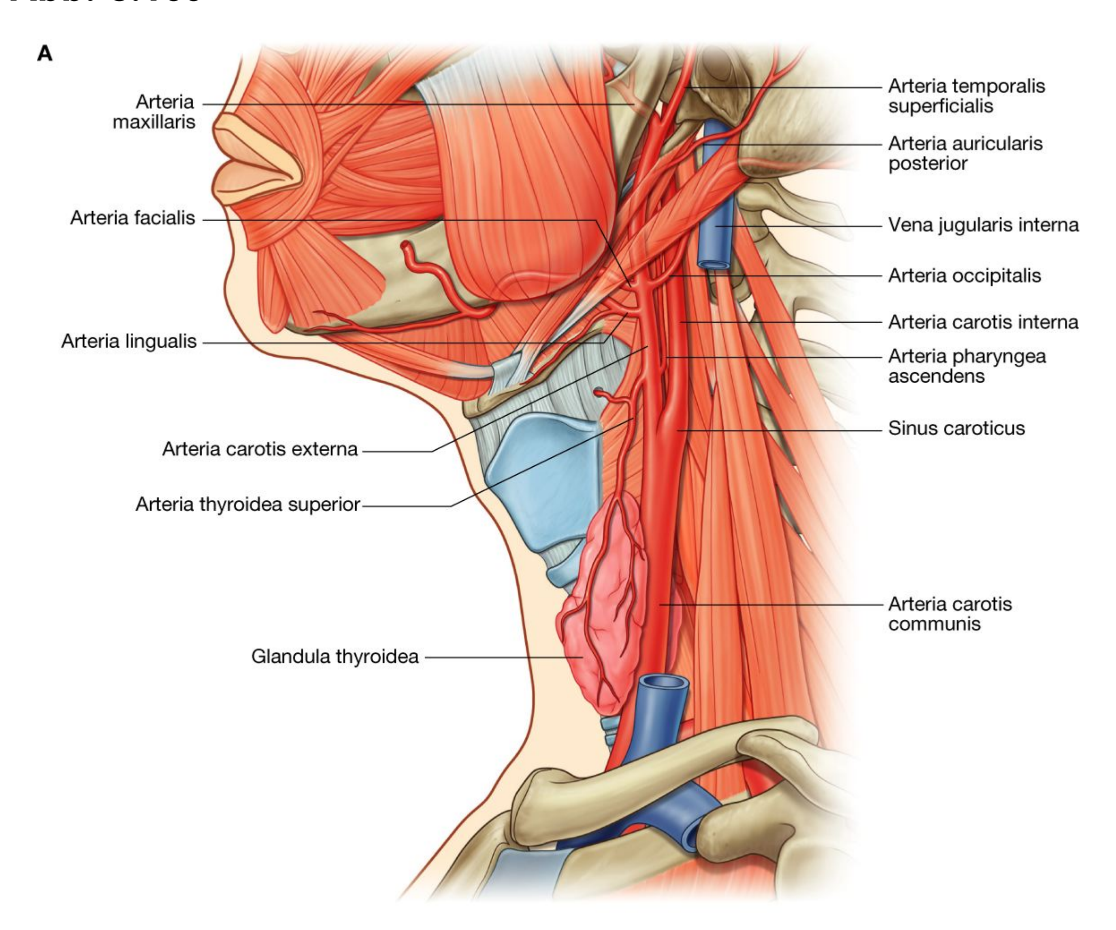
- Die **Arteria facialis** ist der dritte Ast der Arteria carotis externa. Sie verlässt die Arteria carotis externa direkt oberhalb des Abgangs der Arteria lingualis. Sie zieht unter dem Musculus stylohyoideus und unter dem Venter posterior musculi digastrici entlang, tritt dann zwischen Glandula submandibularis und Mandibula hindurch und verläuft anschließend außen über den Mandibularand (hier ist ihr Puls tastbar). Sie zieht direkt vor dem Musculus masseter entlang und steigt schräg nach vo rn oben in das Gesicht auf.
- Die **Arteria occipitalis** entspringt an der Hinterwand der Arteria carotis externa in der Nähe des Abgangs der Arteria facialis. Sie zieht unter dem Venter posterior musculi digastrici in dorsokranialer Richtung und zur hinteren Kopfschwarte.
- Die **Arteria auricularis posterior** ist ein kleiner Ast, der ebenfalls an der Hinterseite der Arteria carotis externa entspringt und auch in dorsokranialer Richtung hinter die Ohrmuschel zieht.

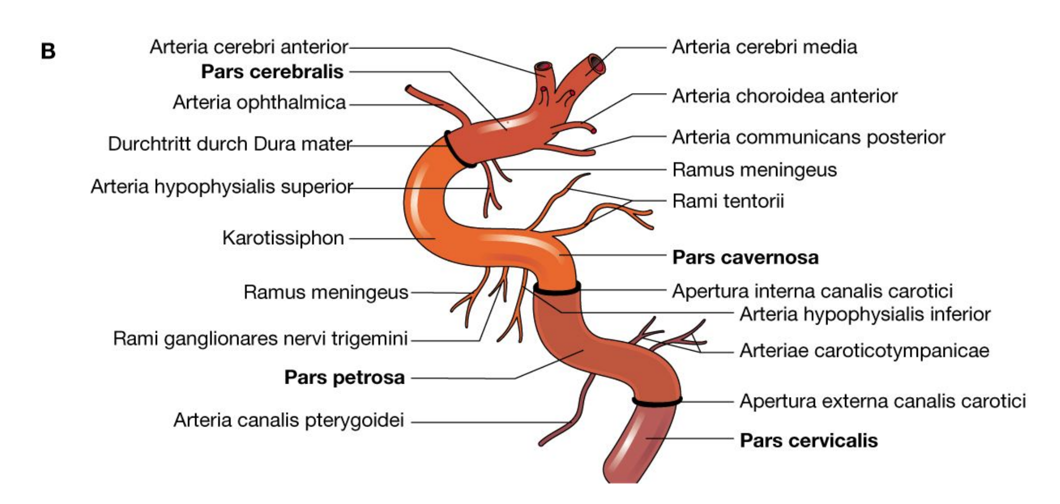
944

945

- Die **Arteria temporalis superficialis** ist einer der Endäste der Ateria carotis externa und bildet die kraniale Fortsetzung der Arterie. Dorsal des Collum mandibulae beginnend, zieht die Arterie zwischen Hinterrand der Mandibula und vor dem Porus acusticus externus nach kranial, kreuzt den Processus zygomaticus des Os temporale und teilt sich oberhalb davon in Rami anteriores und Rami posteriores.

Abb. 8.160





Karotissystem. **A**. Arteria carotis communis und Bifurcatio carotidis. **B**. Arteria carotis interna.

- Die **Arteria maxillaris** ist der größere der beiden Endäste der Arteria carotis externa. Sie verlässt die Arteria carotis externa hinter dem Collum mandibulae, tritt 945 946 durch das Parenchym der Glandula parotidea und meist hinter dem Collum mandibulae in die Fossa infratemporalis über und zieht hier in geschlängeltem Verlauf nach vorn, bis sie sich in ihre drei Endäste aufteilt (Arteriae infraorbitalis, sphenopalatina und palatina descendens).

Tab. 8.13 Äste der Arteria carotis externa

Ast	Versorgungsgebiet
Arteria thyroidea superior	Musculus thyrohyoideus, intralaryngeale Strukturen, Musculi sternocleidomastoideus und cricothyroideus, Glandula thyroidea
Arteria pharyngea ascendens	Musculi constrictores pharyngis und stylopharyngeus, Gaumen, Tonsillen, Tuba auditiva, Meningen in der hinteren Schädelgrube
Arteria lingualis	Zungenmuskulatur, Tonsilla palatina, weicher Gaumen, Epiglottis, Mundboden, Glandula sublingualis
Arteria facialis	Alle Strukturen des Gesichts vom Unterrand der Mandibula vorn bis zum Musculus masseter und zum medialen Augenwinkel, weicher Gaumen, Tonsilla palatina, Tuba auditiva, Glandula submandibularis
Arteria occipitalis	Musculus sternocleidomastoideus, Meningen in der hinteren Schädelgrube, Cellulae mastoideae, tiefe Rückenmuskulatur, dorsale Kopfschwarte
Arteria auricularis posterior	Glandula parotidea und die benachbarte Muskulatur, äußeres Ohr, Kopfhaut hinter dem Ohr, Strukturen im Mittel-und Innenohr
Arteria temporalis superficialis	Glandula parotidea und Ductus parotideus, Musculus masseter, laterale Gesichtshälfte, Vorderseite des äußeren Ohres, Musculus temporalis, Fossa parietalis und Fossa temporalis
Arteria maxillaris	Meatus acusticus externus, laterale und mediale Fläche der Membrana tympanica, Articulatio temporomandibularis, Dura mater an der lateralen Wand des Schädels und Lamina interna der Schädelknochen, Ganglion trigeminale und die dazugehörige Dura, Musculus mylohyoideus, Zähne des Unterkiefers, Wangenhaut, Musculus temporalis, Lamina externa der Schädelknochen in der Fossa temporalis, Strukturen in der Fossa infratemporalis, Sinus maxillaris, obere Zähne und Zahnfleisch, Haut im infraorbitalen Bereich, Gaumen, Dach des Pharynx, Nasenhöhle

Venen

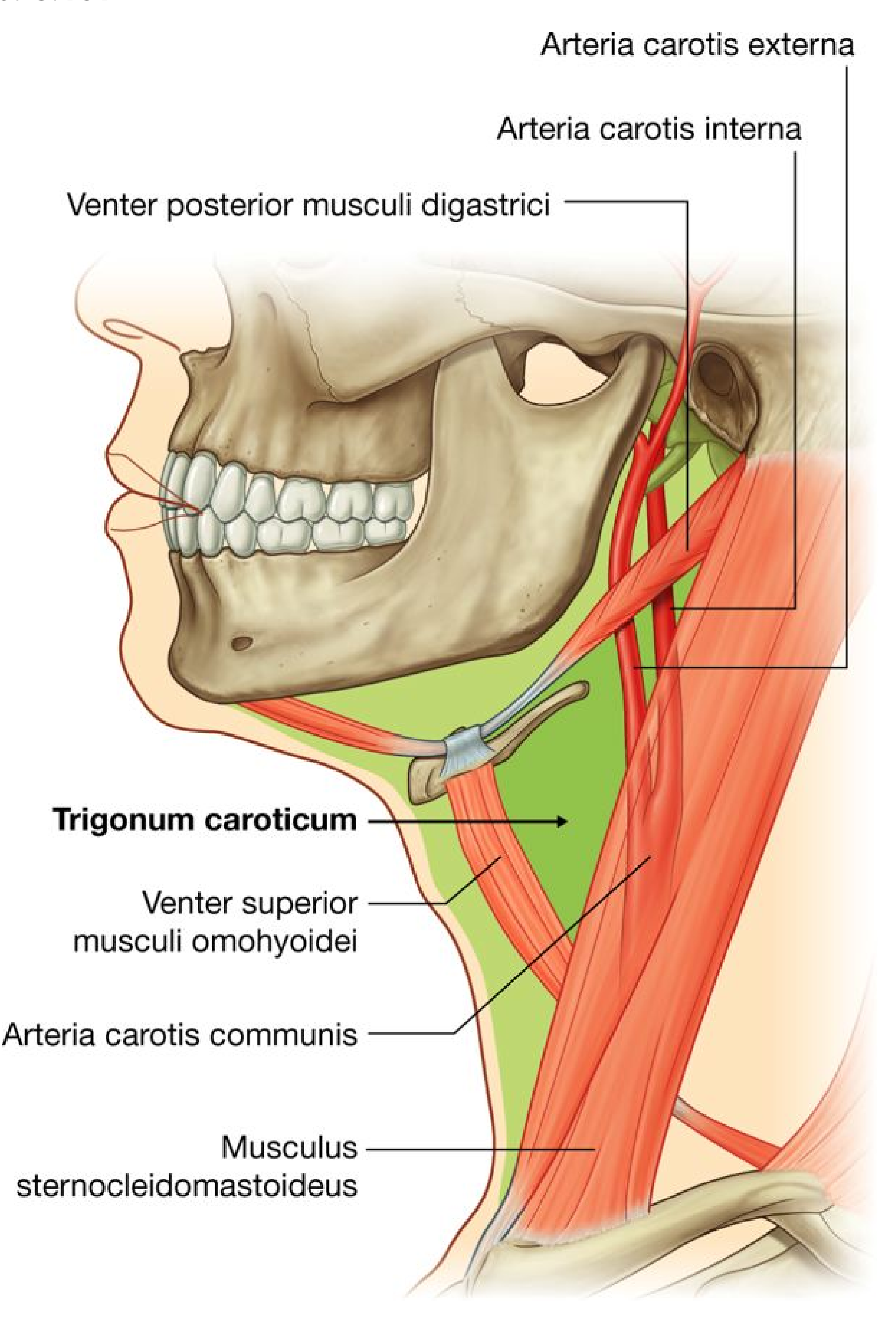
Die **Vena jugularis interna** beginnt als erweiterte Fortsetzung des **Sinus sigmoideus**, eines intraduralen venösen Sinus. Die Vena jugularis interna drainiert das Blut aus Schädel, Gehirn, Gesichtsregion sowie aus Bereichen des Halses. Der anfänglich erweiterte Teil wird als Bulbus superior venae jugularis bezeichnet. In den Bulbus mündet das Blut des **Sinus petrosus inferior** ein. Die Vena jugularis interna tritt gemeinsam mit den Nervi glossopharyngeus [IX], vagus [X] und accessorius [XI] durch das Foramen jugulare aus dem Schädel aus und setzt sich in die Vagina carotica weiter nach kaudal fort.

Die Vena jugularis interna zieht in der Vagina carotica durch den Hals. Dabei liegt sie zunächst hinter der Arteria carotis interna, weiter kaudal verläuft sie mehr lateral. Im unteren

Halsabschnitt liegt sie lateral von der Arteria carotis communis; der Nervus vagus [X] verläuft dorsal oder zwischen den beiden Gefäßen.

Die beiden Venae jugulares internae verbinden sich dorsal der Articulatio sternoclavicularis mit den Venae subclaviae zur linken und rechten **Vena brachiocephalica** (Abb 8.159).

Abb. 8.161



Trigonum caroticum.

Zuflüsse erhält die Vena jugularis interna außer aus dem Sinus petrosus inferior aus den **Venae facialis, lingualis, pharyngea, occipitalis, thyroidea superior** sowie **thyroidea media**.

Klinik

Jugularispuls Der Puls der Vena jugularis ist ein wichtiges klinisches Zeichen, das dem Arzt Hinweise auf den venösen Blutdruck und dessen Wellenform gibt sowie eine Reflexion der Funktion des rechten Herzens darstellt.

Nerven

Zahlreiche Hirnnerven und periphere Nerven

- verlaufen durch das vordere Halsdreieck
- geben Äste zu Strukturen des vorderen Halsdreiecks ab oder bilden dessen Begrenzungen
- geben in ihrem Verlauf durch das vordere Halsdreieck Äste zu nahe liegenden Strukturen ab.

Zu den Hirnnerven dieser Gruppe gehören die Nervi facialis [VII], glossopharyngeus [IX], vagus [X], accessorius [XI] sowie hypoglossus [XII].

Zu den peripheren Nerven zählen der Nervus transversus colli aus dem Plexus cervicalis sowie die vordere und hintere Wurzel der Ansa cervicalis profunda.

Nervus facialis [VII]

Nach dem Durchtritt durch das Foramen stylomastoideum gibt der Nervus facialis [VII] zu zwei Muskeln des vorderen Halsdreiecks Äste ab, zum

- Venter posterior des Musculus digastricus
- Musculus stylohyoideus.

Nervus glossopharyngeus [IX]

Der Nervus glossopharyngeus [IX] verlässt die Schädelhöhle durch das Foramen jugulare. Unterhalb des Processus styloideus und der daran ansetzenden Muskeln verläuft er kaudalwärts zwischen Arteria carotis interna und Vena jugularis interna. Anschließend zieht er nach vorn, tritt zwischen Arteria carotis interna und externa hindurch und schlängelt sich um die laterale Seite des Musculus stylopharyngeus (Abb. 8.162). Von hier zieht er tief unter dem Musculus hyoglossus weiter nach vorn, um die Zungenwurzel und das Gebiet der Tonsilla palatina zu erreichen.

In seinem Verlauf durch das vordere Halsdreieck innerviert der Nervus glossopharyngeus [IX] den Musculus stylopharyngeus, gibt einen Ast zum Sinus caroticus ab und nimmt sensible Äste aus dem Pharynx auf.

Nervus vagus [X]

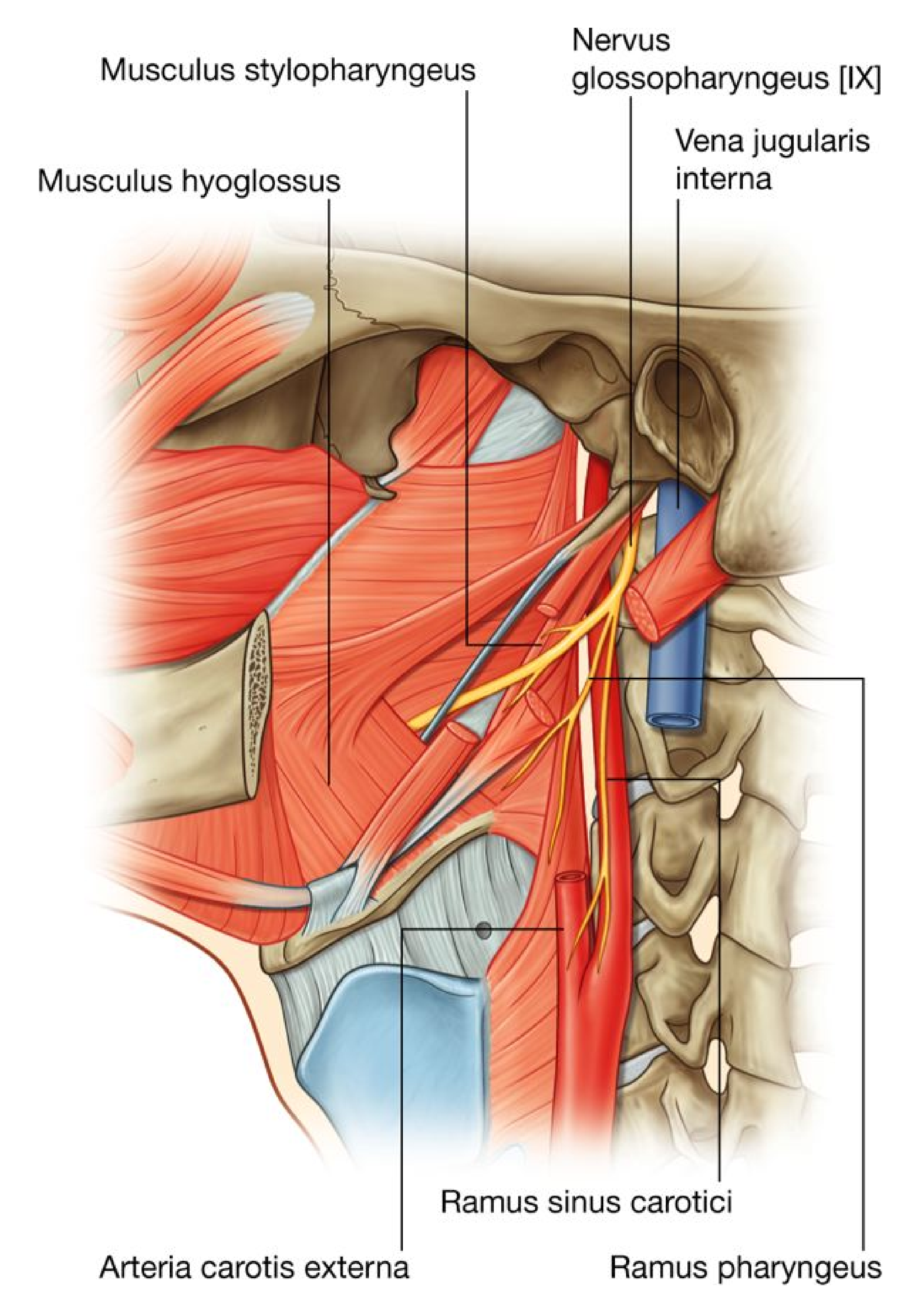
Der Nervus vagus [X] tritt zwischen dem Nervus glossopharyngeus [IX] und dem Nervus accessorius [XI] durch das Foramen jugulare aus der Schädelbasis aus.

Außerhalb des Schädels zieht der Nervus vagus [X] in die Vagina carotica und verläuft innerhalb der Scheide hinter (oder zwischen) der Vena jugularis interna und der Arteria carotis interna bzw. communis durch den Hals (Abb. 8.163).

Zu den Ästen des Nervus vagus [X] im Verlauf durch das vordere Halsdreieck gehören ein motorischer Ast zum Pharynx, ein Ast zum Glomus caroticum, der Nervus laryngeus superior (der sich in einen Ramus externus und einen Ramus internus teilt) und manchmal ein Ramus cardiacus.

Nervus accessorius [XI]

Abb. 8.162



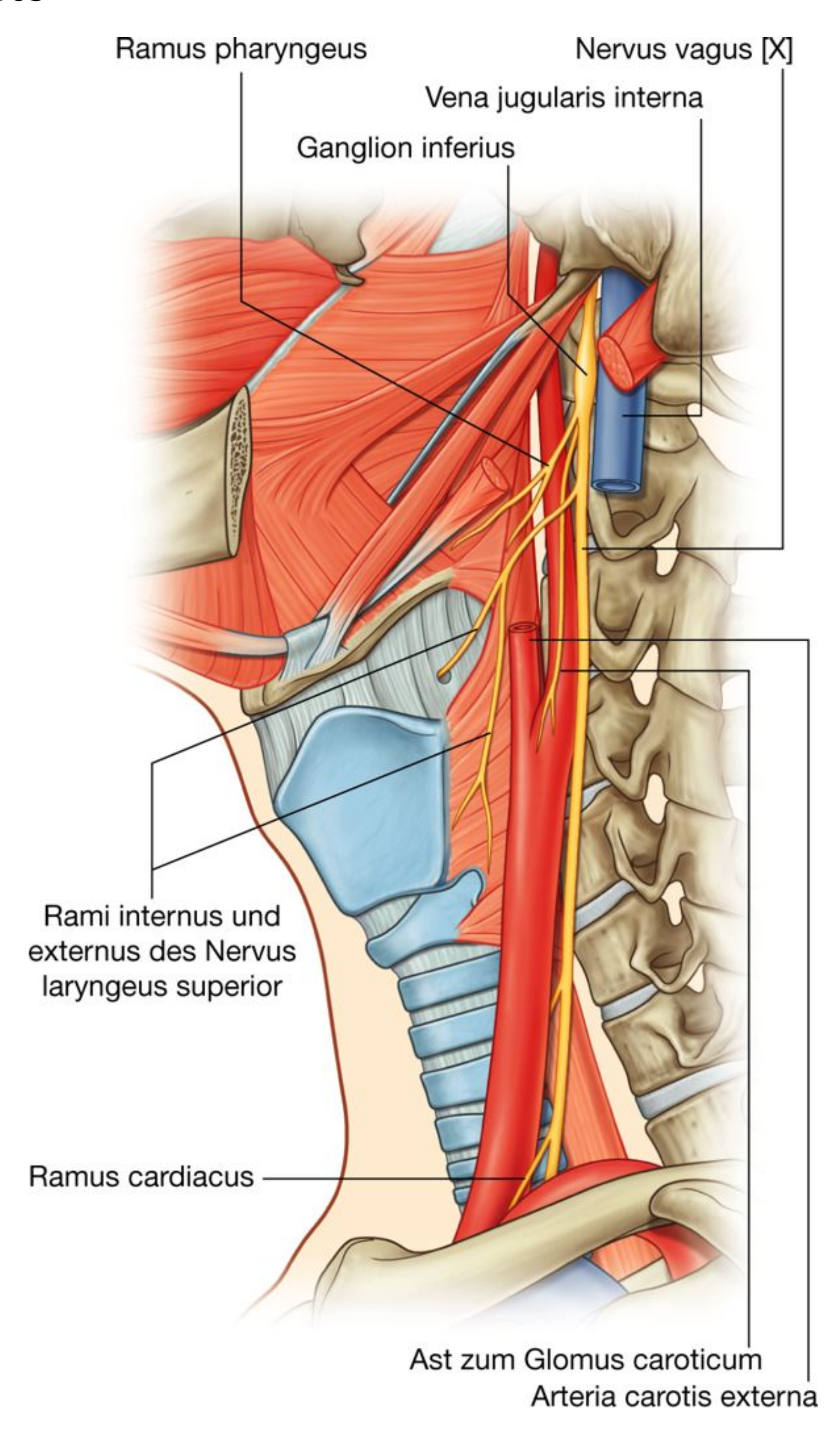
Nervus glossopharyngeus [IX] im vorderen Halsdreieck.

Von den drei Hirnnerven, die die Schädelhöhle durch das Foramen jugulare verlassen, liegt der Nervus accessorius [XI] am weitesten dorsal. Sein kaudal gerichteter Verlauf beginnt medial der Vena jugularis interna. Hier kommt er zwischen Vena jugularis interna und Arteria carotis interna zum Vorschein, zieht dann auf die laterale Seite der Vena jugularis interna, um in kaudaler und dorsaler Richtung entweder in oder unter den Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus zu treten (Abb. 8.164).

947

948

Abb. 8.163



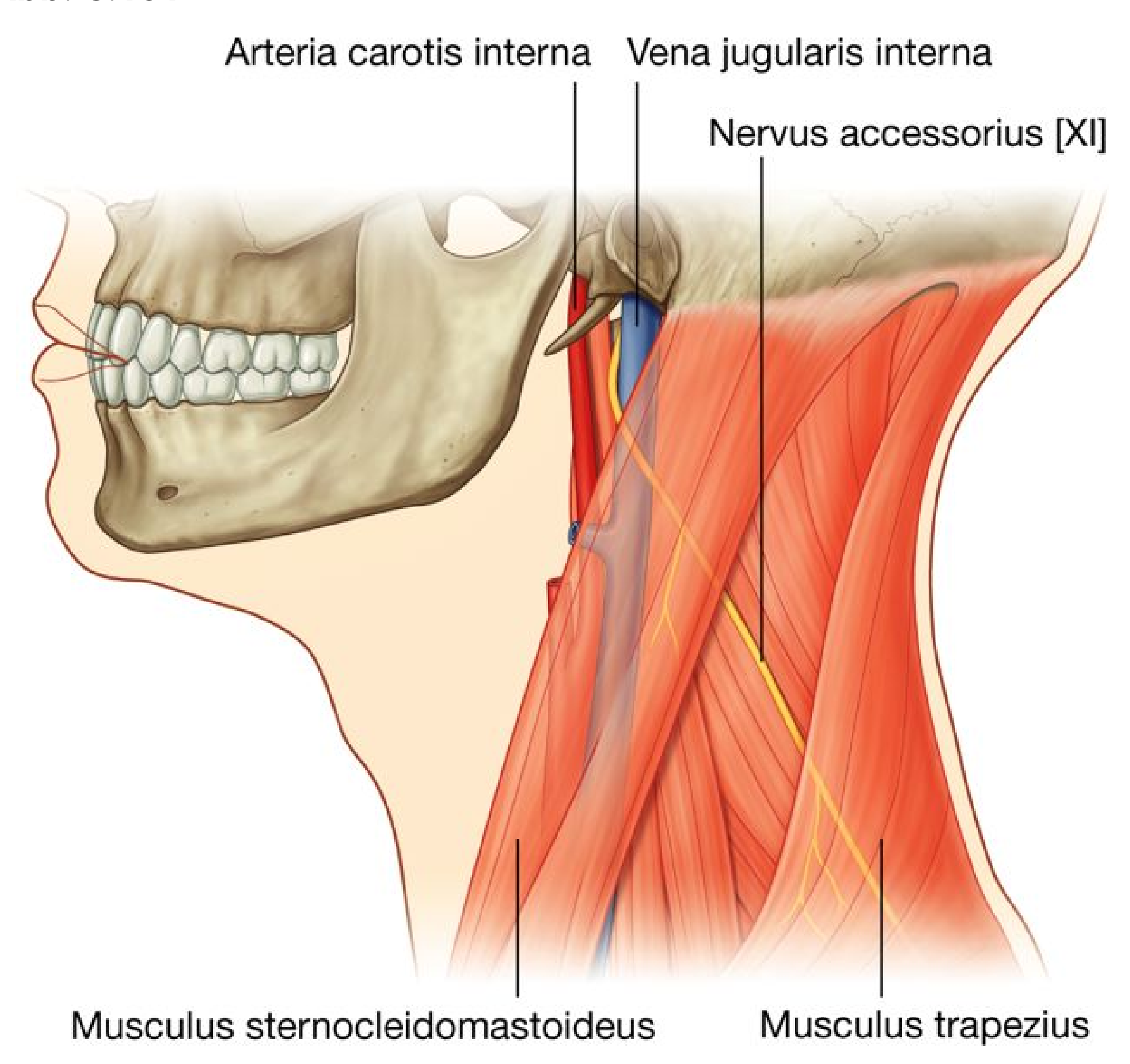
Nervus vagus [X] im vorderen Halsdreieck.

Der Nercus accessorius gibt in seinem Verlauf durch das vordere Halsdreieck keine Äste ab.

Nervus hypoglossus [XII]

Der Nervus hypoglossus [XII] verlässt die Schädelhöhle durch den Canalis nervi hypoglossi und verläuft außerhalb des Schädels direkt medial der Vena jugularis interna und der Arteria carotis interna. In seinem Verlauf nach kaudal zieht er aus seiner Position zwischen Vena jugularis interna und Arteria carotis interna nach außen (Abb. 8.165). Er zieht weiter in rostraler Richtung, schlängelt sich um die Arteria occipitalis, verläuft entlang den lateralen Wänden der Arteriae carotides internae und externae sowie der Arteria lingualis, zieht weiter tief unter den Venter anterior musculi digastrici und den Musculus stylohyoideus, bis er schließlich medial des Musculus hyoglossus in der Zungenmuskulatur verschwindet.

Abb. 8.164



Nervus accessorius [XI] im vorderen Halsdreieck.

Der Nervus hypoglossus [XII], der die Zunge innerviert, gibt in seinem Verlauf durch das vordere Halsdreieck keine Äste ab.

Nervus transversus colli

Der Nervus transversus colli ist ein Ast aus dem Plexus cervicalis und entsteht aus den Rami anteriores der Zervikalnerven C2 und C3. Er taucht unter dem Hinterrand nahe der Mitte des Musculus sternocleidomastoideus auf (Punctum nervosum; Erb-Punkt), schlingt sich um den Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus, verläuft außen über die Oberfläche des Muskels zum Vorderrand und zieht weiter nach schräg oben (Abb. 8.166). Der Nerv verläuft quer über den Hals weiter und übernimmt die sensible Innervation der Haut im vorderen Halsbereich. Der Nervus transversus colli steht regelmäßig mit dem Ramus colli des Nervus facialis in Verbindung (Ansa cervicalis superficialis). Über die Verbindung gelangen motorische Fasern des Nervus facialis via Nervus transversus colli zu kaudalen Abschnitten des Platysmas, um dieses zu innervieren.

Ansa cervicalis profunda

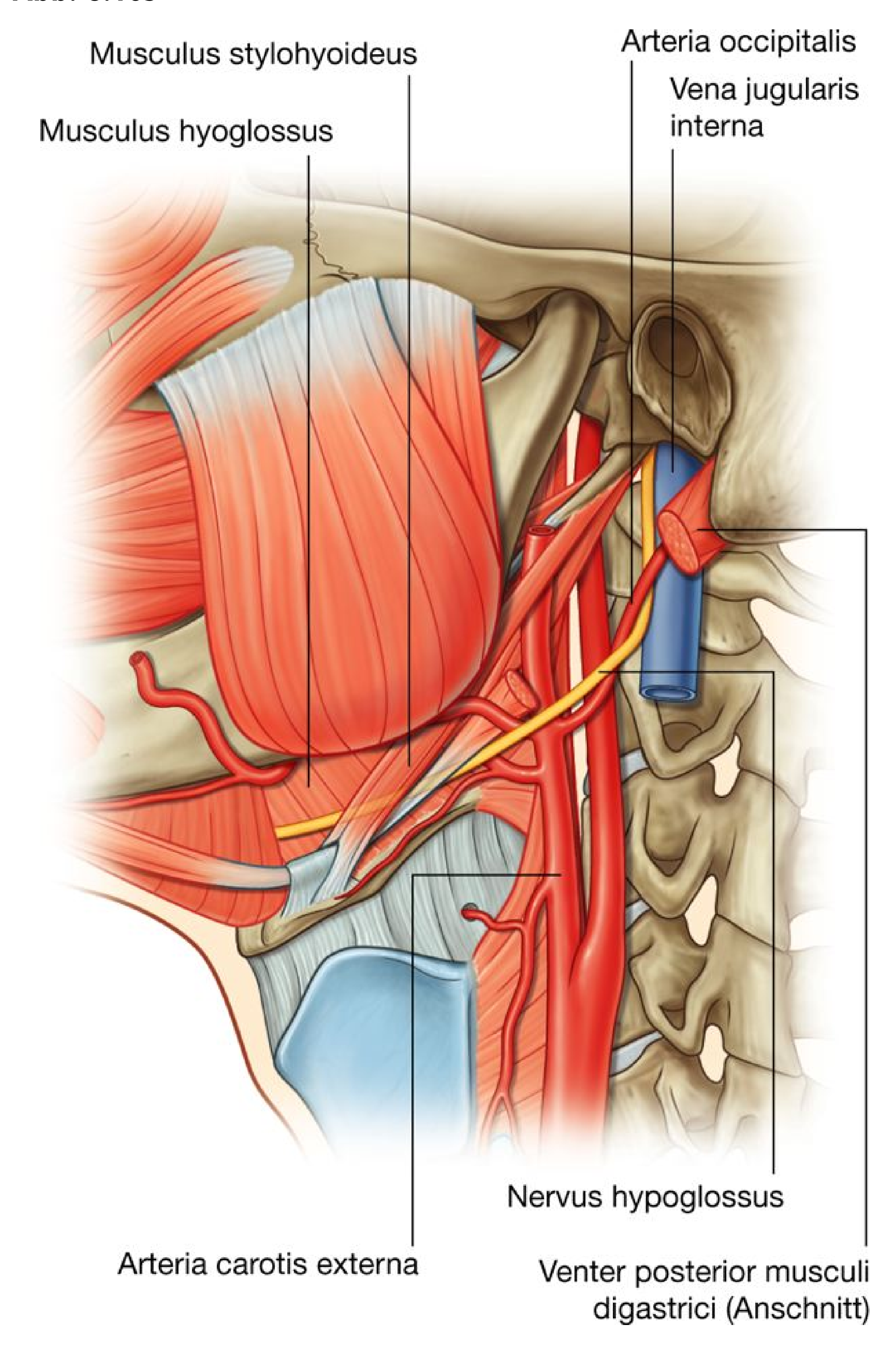
948

Die Ansa cervicalis profunda ist eine Nervenschlinge der Zervikalnerven C1 bis C3, die die Muskeln des vorderen Halsdreiecks innerviert (Abb. 8.167). Sie beginnt an der Stelle, an der

949

sich Äste des Nervus cervicalis C1 dem Nervus hypoglossus [XII] anlegen, kurz nach dessen Austritt aus dem Canalis nervi hypoglossi.

Abb. 8.165

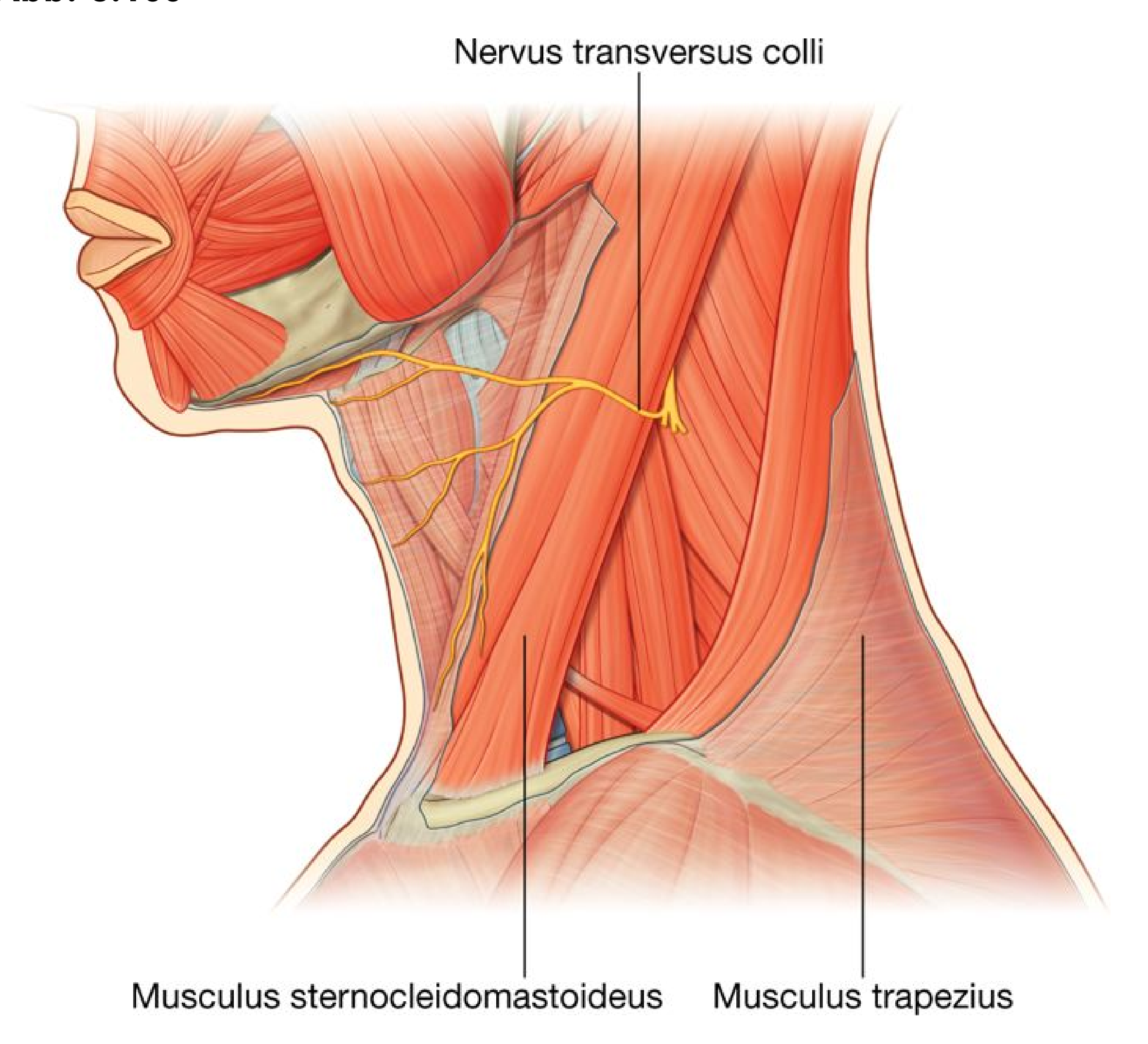


Nervus hypoglossus [XII] im vorderen Halsdreieck.

An der Stelle, an der der Nervus hypoglossus [XII] auf seinem kaudalwärts gerichteten Verlauf nach vorn zieht und die Arteriae carotides internae und externae überquert, verlassen ihn einige Zervikalnerven und ziehen zwischen Vena jugularis interna und Arteria carotis interna bzw. Arteria carotis communis steil abwärts. Die Nervenfasern bilden die **Radix superior (anterior)** der Ansa cervicalis profunda und innervieren den Venter superior musculi omohyoidei sowie die oberen Anteile des Musculus sternohyoideus und des Musculus sternothyroideus.

Ein direkter Ast aus dem Plexus cervicalis, der Nervenfasern aus dem zweiten und dritten Zervikalnerv C2 und C3 enthält, vervollständigt die Nervenschlinge (Abb. 8.167). Dieser Ast bildet die **Radix inferior (posterior)** der Ansa cervicalis profunda. Sie zieht entweder medial oder lateral der Vena jugularis interna abwärts, bevor sie sich medial der Radix superior der Ansa cervicalis profunda anlegt. An dieser Stelle gehen aus der Ansa cervicalis profunda Äste zum Venter inferior musculi omohyoidei sowie zu den unteren Anteilen des Musculus sternohyoideus und des Musculus sternothyroideus ab.

Abb. 8.166



Nervus transversus colli im vorderen Halsdreieck.

Die Ansa cervicalis profunda mit ihren Radices superior und inferior zur Innervation der infrahyalen Muskeln muss von der Ansa cervicalis superficialis (Verbindung zwischen Ramus colli des Nervus facialis [VII] und Nervus transversus colli aus dem Plexus cervicalis) unterschieden werden.

Schilddrüse und Nebenschilddrüsen

Die Schilddrüse (Glandula thyroidea) und die Nebenschilddrüsen (Glandulae parathyroideae) gehören zu den endokrinen Organen (Hormonbildner) im vorderen Halsbereich.

Die Drüsen gehen aus dem Schlunddarm hervor. Im Rahmen ihrer Entwicklung wandern sie nach kaudal und kommen vor dem Larynx und der Trachea zu liegen.

Die Schilddrüse ist eine große unpaare Drüse; die meist aus vier Einzeldrüsen bestehenden Nebenschilddrüsen sind klein und befinden sich an der Rückseite der Glandula thyroidea.

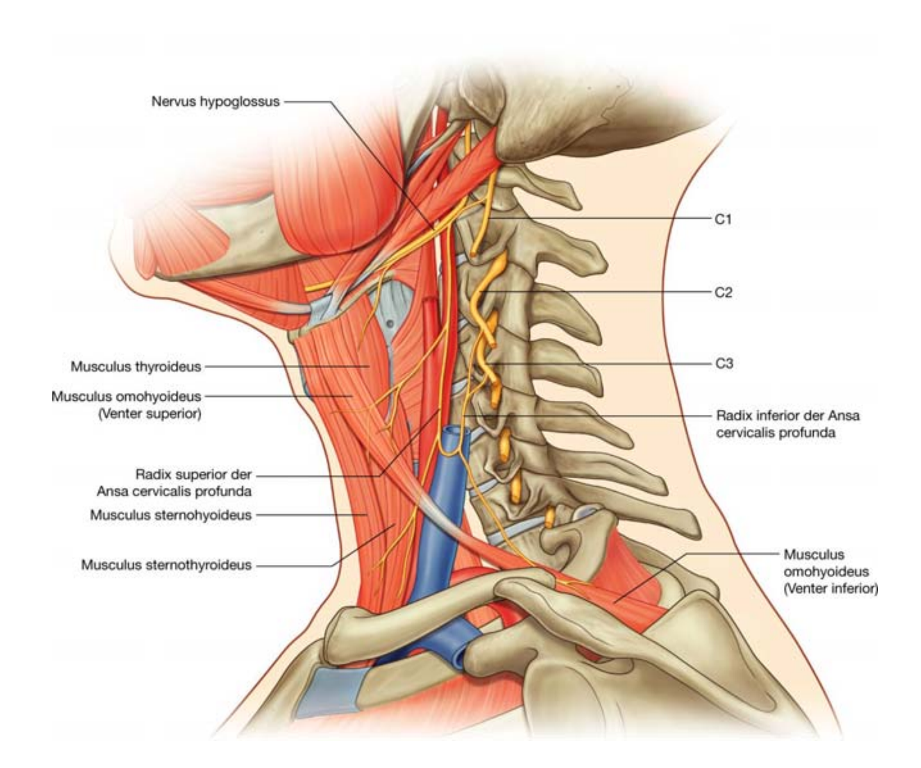
Schilddrüse

Die Schilddrüse liegt im vorderen Halsbereich unter und lateral des Schildknorpels (Cartilago thyroidea; Abb. 8.168). Sie besteht aus zwei lateralen **Lappen (Lobi)**, die die anterolaterale Fläche der Trachea, den Ringknorpel (Cartilago cricoidea) sowie den unteren äußeren Anteil des Schildknorpels bedecken. In der Mitte stehen die beiden Lappen über einen **Isthmus** miteinander in Kontakt. Der Isthmus liegt fast genau vor der zweiten und dritten Knorpelspange der Luftröhre.

949

950

Abb. 8.167



Ansa cervicalis profunda.

Die Schilddrüse liegt unter den Musculi sternohyoideus, sternothyroideus und omohyoideus Sie ist von einer Organkapsel umgeben. Zwischen Organkapsel und den von der Lamina pretrachealis umhüllten infrahyalen Muskeln liegt die allgemeine Organfaszie, die die Schilddrüse in den Faszienschlauch des viszeralen Halskompartiments einschließt. Das Kompartiment schließt ebenso den Pharynx, den Larynx, die Trachea und den Oesophagus ein.

Die Schilddrüse entsteht aus dem Entoderm des Schlunddarmbodens (Foramen caecum am Zungengrund) und wächst nach kaudal. Das Foramen caecum der Zunge kennzeichnet die Entstehungsstelle und der Ductus thyroglossus markiert den Migrationsweg der Schilddrüse bis zu ihrer endgültigen Lage. Der Ductus thyroglossus geht normalerweise schon relativ früh in der Entwicklung verloren, kann jedoch als Zyste oder Verbindung zum Foramen caecum erhalten bleiben (z.B. als Fistel).

Es können zusätzlich Reste der Schilddrüse verbleiben:

- im Bereich der Zunge (als Zungengrundstruma)
- entlang dem kaudalwärts gerichteten Migrationsweg
- kranial der Schilddrüse entlang dem Ductus thyroglossus (als Lobus pyramidalis – am häufigsten).

Arterielle Blutversorgung

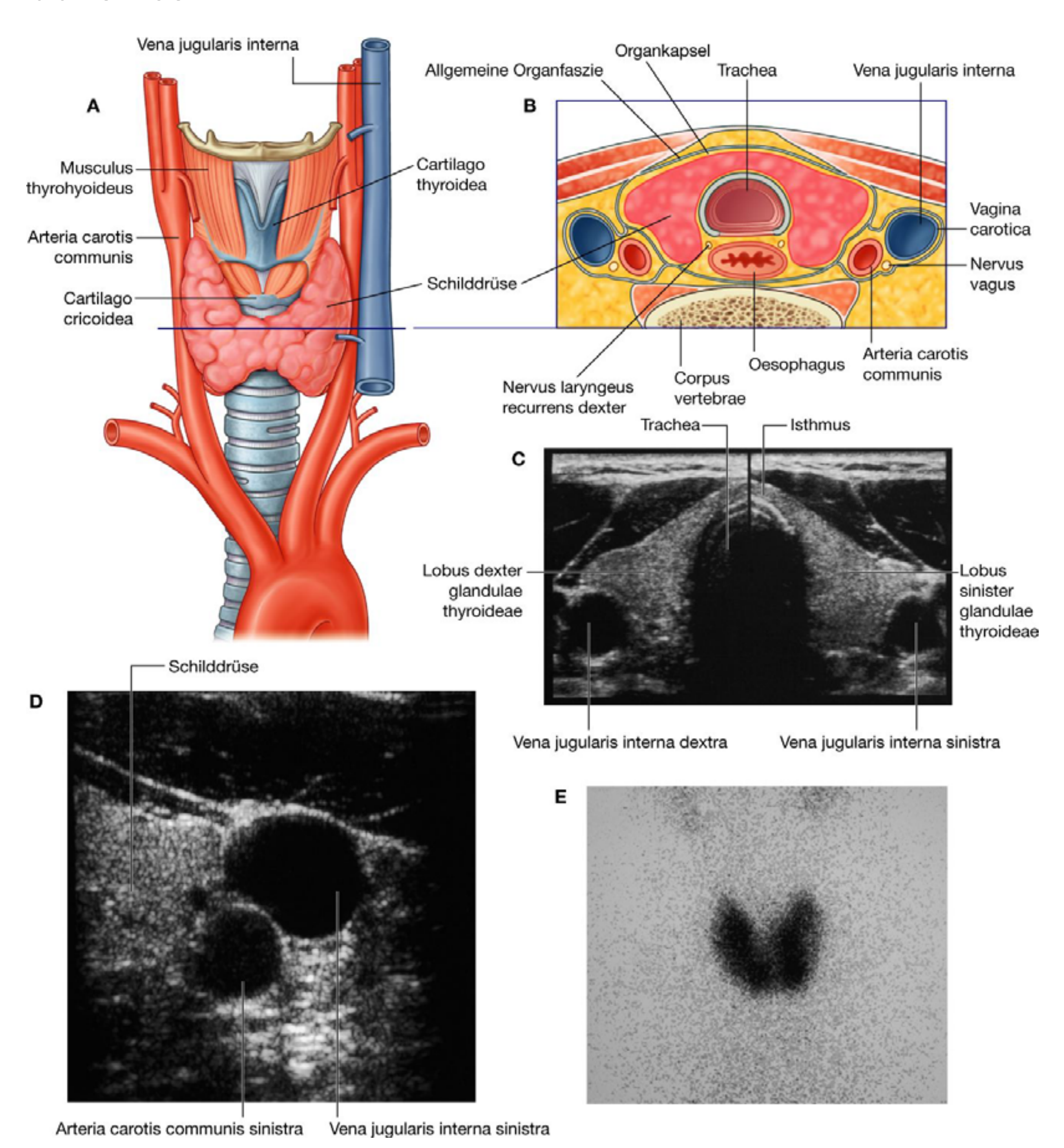
Zwei Hauptarterien versorgen die Schilddrüse.

Arteria thyroidea superior

Die Arteria thyroidea superior ist der erste Ast der Arteria carotis externa (Abb. 8.169). Sie zieht am lateralen Rand des Musculus thyrohyoideus nach kaudal zum oberen Pol des Lobus lateralis der Schilddrüse. Hier teilt sie sich in einen Ramus glandularis anterior und einen Ramus glandularis posterior auf:

950

Abb. 8.168



Schilddrüse im vorderen Halsdreieck. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Transversalschnitt. **C**. Ultraschallbild – zusammengesetzte axiale Ansicht des Halses. **D**. Ultraschallbild – axiale Ansicht des Halses. **E**. Szintigramm – normale Anreicherung von Technetium in der Schilddrüse.

- Der **Ramus glandularis anterior** versorgt die Schilddrüse entlang ihren Oberrand und anastomosiert über den Isthmus mit der Gegenseite.
- Der **Ramus glandularis posterior** zieht zur Hinterseite der Schilddrüse und kann mit der Arteria thyroidea inferior Anastomosen bilden (Abb. 8.170).

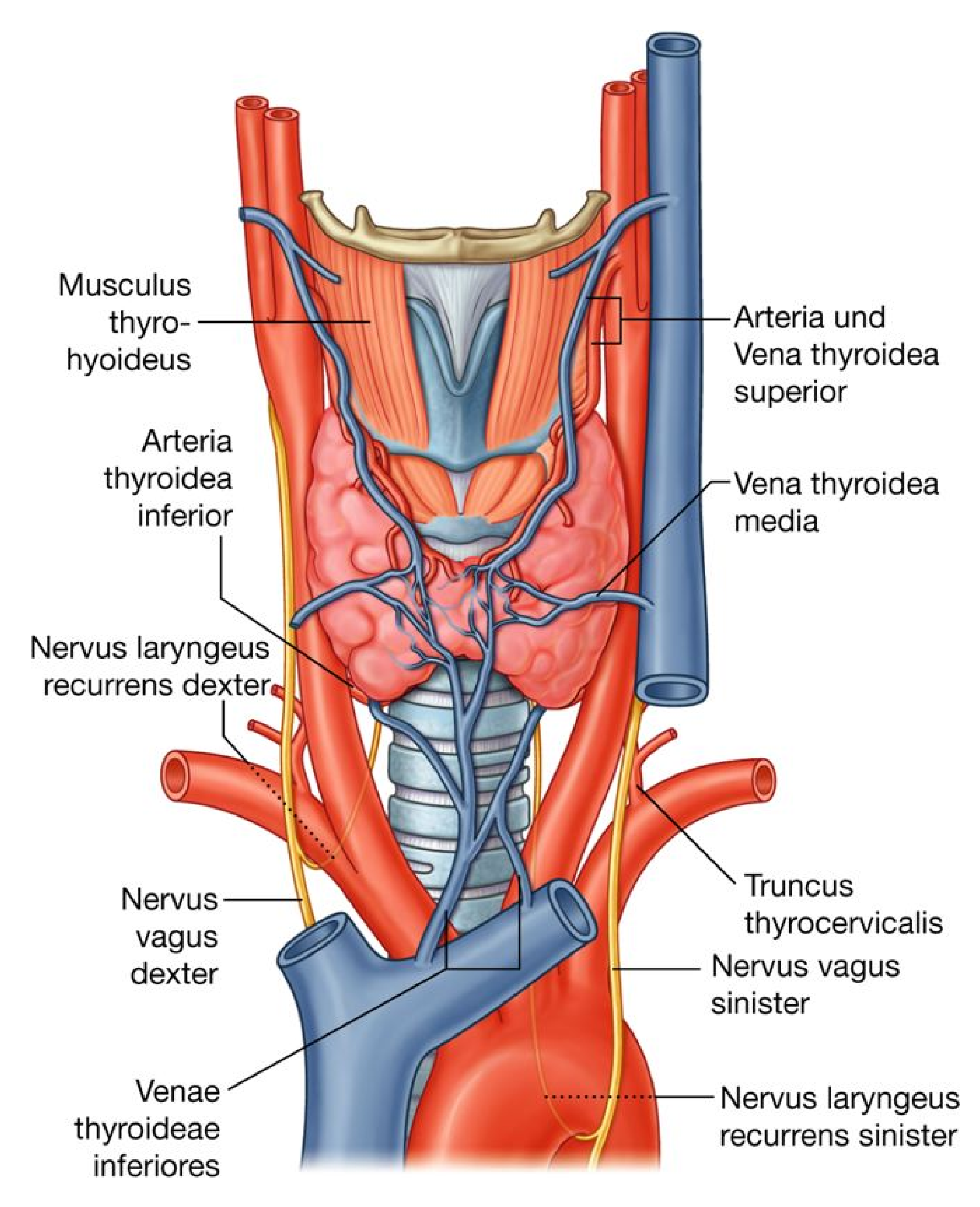
Arteria thyroidea inferior

Sie ist ein Ast des **Truncus thyrocervicalis**, der vom Anfangsteil der Arteria subclavia abgeht (Abb 8.169, 8.170). Sie zieht am medialen Rand des Musculus scalenus anterior nach kranial zum unteren Pol des Lobus lateralis glandulae thyroideae.

951

952

Abb. 8.169



Gefäßversorgung der Schilddrüse.

An der Schilddrüse teilt sich die Arteria thyroidea inferior in folgende Äste:

- einen Ramus inferior, der den unteren Teil der Schilddrüse versorgt und mit dem Ramus posterior der Arteria thyroidea superior anastomosiert

- einen aufsteigenden Ast, der die untere Nebenschilddrüse versorgt.

Arteria thyroidea ima

Gelegentlich zieht eine kleine Arteria thyroidea ima vom Truncus brachiocephalicus oder vom Arcus aortae an der Vorderseite der Trachea nach kranial, um die Schilddrüse zu versorgen.

Venöser und lymphatischer Abfluss

Drei Venen sammeln das Blut der Schilddrüse (Abb. 8.169).

- Die **Vena thyroidea superior** drainiert hauptsächlich das Gebiet der Arteria thyroidea superior.
- Die **Venae thyroideae media** und **inferior** drainieren den Rest der Schilddrüse.

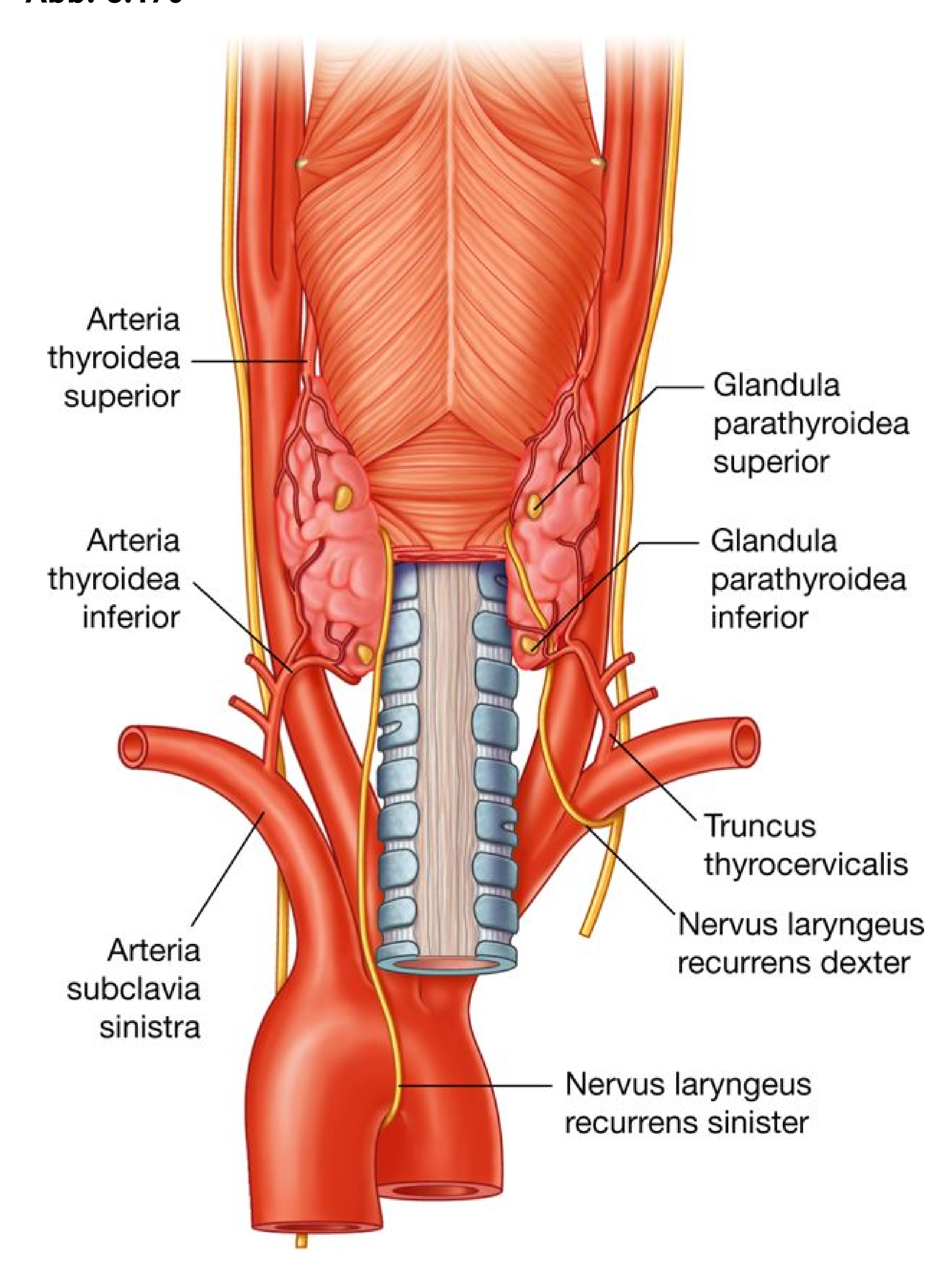
Die Venae thyroideae superiores und mediae münden in die Vena jugularis interna, die Venae thyroideae inferiores drainieren hingegen in die rechte und linke Vena brachiocephalica.

Der lymphatische Abfluss der Schilddrüse erfolgt zu Lymphknoten beidseits der Trachea (Nodi lymphoidei paratracheales) sowie zu tief gelegenen Lymphknoten des Halses, die kaudal vom Musculus omohyoideus entlang der Vena jugularis interna liegen.

Nervi laryngei recurrentes

Die Schilddrüse liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Nervi laryngei recurrentes. Nach dem Abgang der Nervi laryngei recurrentes aus den Nervi vagi [X] – rechts unterhalb der Arteria subclavia, links auf Höhe des Aortenbogens – und dem Umschlagen um die Arteria subclavia rechts und den Arcus aortae links (Verlauf jeweils von vorn nach hinten) ziehen die **Nervi laryngei recurrentes** in der Rinne zwischen Trachea und Oesophagus kranialwärts zum Kehlkopf (Abb. 8.170). Sie ziehen tief unter der dorsomedialen Fläche der Schilddrüsenlappen und tief unterhalb des Unterrandes des Musculus constrictor pharyngis inferior nach kranial bis in den Kehlkopf hinein.

Abb. 8.170



Arteriae thyroideae superior und inferior sowie Nervi laryngei recurrentes sinister und dexter.

Nebenschilddrüsen

Die Nebenschilddrüsen sind zwei Paar schmale, ovale, gelbliche Strukturen an der Hinterfläche der Schilddrüsenlappen. Sie werden als Glandulae parathyroideae superiores 952 und inferiores bezeichnet (Abb. 8.170). Ihre Lage ist sehr variabel und kann von der 953 Karotisbifurkation bis in das untere Mediastinum reichen.

Die Nebenschilddrüsen gehen entwicklungsgeschichtlich aus der dritten (Glandulae parathyroideae inferiores) und vierten (Glandulae parathyroideae superiores) Schlundtasche hervor und wandern im Rahmen der Entwicklung in ihre endgültige Position auf der Schilddrüsenrückseite.

Die arterielle Blutversorgung der Nebenschilddrüsen erfolgt über die Arteriae thyroideae inferiores, der venöse und lymphatische Abfluss entspricht dem der Schilddrüse.

Klinik

Schilddrüse Die Schilddrüse entwickelt sich aus einer kleinen Gewebsregion in der Nähe der Zungenwurzel. Dieses Gewebe wächst als Ductus thyroglossus vom Foramen caecum am Zungengrund hinab und tritt durch die Mitte des Os hyoideum. Es wächst weiter abwärts und kommt schließlich vor dem Schildknorpel und der Trachea zu liegen.

Die Wanderung des Drüsengewebes kann entlang dem embryologischen Deszensus der Drüse verfolgt werden.

Versprengtes Schilddrüsengewebe ist relativ selten. Häufiger findet man eine zystische Veränderung die am Ductus thyroglossus beginnt. Zysten des Ductus thyroglossus sind normalerweise mit einer meist tastbaren prallelastischen Erweiterung in der Mittellinie des Halses unter der Haut vergesellschaftet (Mediane Halszyste oder fistel). Mithilfe von Ultraschall können ihre Gestalt und Position leicht ermittelt werden.

Die Therapie erfolgt durch chirurgische Entfernung (Exzision). Zur Vermeidung eines Rezidivs müssen der gesamte Ductus thyroglossus sowie der mittlere Anteil des Os hyoideum entfernt werden.

Klinik

Schilddrüsenerkrankungen Die Pathologie der Schilddrüse ist sehr komplex. Prinzipiell sollten Schilddrüsenerkrankungen von zwei Seiten betrachtet werden. Erstens kann die Schilddrüse diffus oder fokal vergrößert sein. Für beides gibt es zahlreiche Gründe. Zweitens kann es zu einer Unter-oder Überproduktion der Hormone Thyroxin und Triiodthyronin kommen.

Eine der häufigsten Schilddrüsenstörungen ist die **Struma multinodosa** (Knotenstruma). Es handelt sich dabei um eine diffuse, unregelmäßige Vergrößerung des Schilddrüsengewebes mit hypertrophen Regionen und Bildung von Kolloidzysten. Die meisten Patienten sind euthyreot (d.h., sie haben normale Thyroxinserumspiegel).

Das typische Symptom ist eine massive Vergrößerung am Hals, die entweder medikamentös oder chirurgisch behandelt werden kann, wenn die Lebensqualität des Patienten durch die Struma be-einträchtigt ist oder respiratorische Probleme vorliegen.

Einzelne Knoten in der Schilddrüse können isolierte Tumoren sein. Isolierte Schilddrüsentumoren können je nach ihrer zellulären Morphologie in der Lage sein, Thyroxin zu sezernieren. Die Therapie besteht meist in einer Resektion.

Immunerkrankungen können die Schilddrüse zur Produktion von Schilddrüsenhormonen anregen. Die Erkrankung kann mit extrathyreoidalen Symptomen wie einem Exophthalmus (Hervortreten des Bulbus oculi; Morbus Basedow), prätibialen Myxödemen sowie Veränderungen des Nagelwachstums einhergehen. Andere Gründe für eine diffuse Stimulation der Schilddrüse können in einer viral bedingten Thyreoiditis bedingt sein. Einige Krankheiten verursachen eine Atrophie der Schilddrüse und somit eine Mindersekretion von Schilddrüsenhormonen (Hypothyreose).

953

954

Klinik

Thyreoidektomie Eine Thyreoidektomie ist ein häufiger chirurgischer Routineeingriff. In den meisten Fällen wird ein Teil der Schilddrüse entfernt (subtotale Strumektomie), sodass Restdrüsengewebe erhalten bleibt.

Der chirurgische Eingriff wird normalerweise bei benignen Erkrankungen, z.B. bei einer Struma nodosa, durchgeführt. Allerdings sind auch die wesentlich seltener auftretenden Schilddrüsenkarzinome eine Indikation für die Thyreoidektomie.

Aufgrund der Schilddrüsenlage besteht bei einer Thyreoidektomie immer die Gefahr, benachbarte Strukturen wie die Nebenschilddrüsen (die oft gänzlich mit der Schilddrüse zusammen entfernt werden), den Nervus laryngeus recurrens, den Truncus sympathicus oder seltener den Gefäß-Nerven-Strang in der Vagina carotica zu verletzen.

Lage der Strukturen in unter-schiedlichen Regionen des vorderen Halsdreiecks

Die regionale Lage der wichtigsten Strukturen im vorderen Halsdreieck ist in Tab. 8.14 zusammengefasst. Diese Strukturen können anhand unterschiedlicher Kriterien identifiziert werden. Manche liegen in einer bestimmten Untereinheit des vorderen Halsdreiecks, andere ziehen von außen in eine bestimmte Untereinheit hinein, wieder andere entspringen in einer bestimmten Untereinheit und ziehen wieder hinaus. Schließlich verlaufen einige Strukturen einfach durch mehrere Untereinheiten.

Laterales Halsdreieck

Das laterale Halsdreieck befindet sich an der lateralen Seite des Halses in direkter Nachbarschaft der oberen Extremität. Es wird folgendermaßen begrenzt (Abb. 8.171):

- vorn durch den Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus

- hinten durch den Vorderrand des Musculus trapezius
- als Basis durch das mittlere Drittel der Clavicula
- als Spitze vom Os occipitale, direkt hinter dem Processus mastoideus an der Stelle, an der Musculi trapezius und sternocleidomastoideus ansetzen.

Das Dach des lateralen Halsdreiecks besteht aus der Lamina superficialis fasciae cervicalis, die den Musculus sternocleidomastoideus und den Musculus trapezius umhüllt.

Der Boden des lateralen Halsdreiecks wird von zwei Faszien gebildet: in der medialen unteren Ecke bis zum Hinterrand des Venter inferior musculi omohyoidei von der Lamina pretrachealis (mittleres Halsfaszienblatt), im übrigen Bereich von der Lamina prevertebralis (tiefes Halsfaszienblatt). Das tiefe Halsfaszienblatt bedeckt von oben nach unten die Musculi splenius capitis, levator scapulae sowie scaleni posterior, medius und anterior.

Muskeln

Zahlreiche Muskeln, die schon beschrieben wurden, begrenzen das laterale Halsdreieck und bilden seinen Boden (Tab. 8.15).

Außerdem zieht der **Venter inferior** des **Musculus omohyoideus** durch den vorderen unteren Teil des lateralen Halsdreiecks, bevor er unter dem Musculus sternocleiomastoideus verschwindet und im vorderen Halsdreieck wieder auftaucht (Abb. 8.172). Der Musculus omohyoideus liegt eingescheidet in die Lamina pretrachealis der Halsfaszie und durchkreuzt in seinem nach kranial gerichteten Verlauf das laterale Halsdreieck von lateral nach medial. Der Muskel entspringt direkt medial der Incisura scapulae am Oberrand der Scapula und setzt schließlich am Unterrand des Os hyoideum an. Er hat zwei Bäuche, die durch eine Sehne miteinander verbunden sind. Letztere ist über eine Bindegewebsschlinge an der Clavicula fixiert:

- Der **Venter superior** befindet sich im vorderen Halsdreieck.
- Der **Venter inferior** durchkreuzt das laterale Halsdreieck, teilt es dabei in ein kleines und medial liegendes Trigonum omoclaviculare und ein sehr viel größeres Trigonum occipitale.

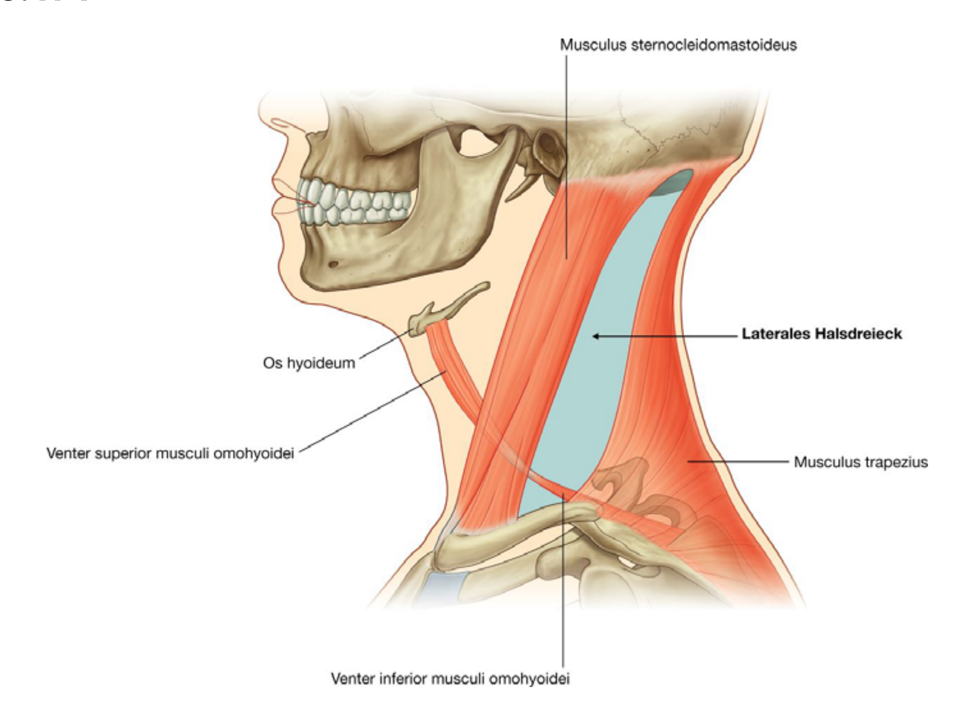
Der Musculus omohyoideus wird durch Äste der Ansa cervicalis profunda (Rami anteriores von C1 – C3) innerviert und zieht das Os hyoideum nach kaudal. Bei isometrischer Kontraktion fixiert er den Kehlkopf während der Phonation. Darüber hinaus spannt er die mittlere Halsfaszie und fördert dadurch via Zug an der Vagina carotica, die mit der mittleren Halsfaszie verwachsen ist, den venösen Rückfluss in der Vena jugularis.

954

Tab. 8.14 Unterteilung des vorderen Halsdreiecks – regionaler Ansatz

Unterteilung	Begrenzungen	Inhalt
Trigonum mentale (unpaar)	Symphysis mandibulae, Venter anterior musculi digastrici, Corpus ossis hyoidei	Nodi lymphoidei submentales, Zuflüsse der Vena jugularis interna
Trigonum submandibulare (paarig)	Margo inferior mandibulae, Venter anterior musculi digastrici, Venter posterior musculi digastrici	Glandula submandibularis, Nodi lymphoidei submandibulares, Nervus hypoglossus [XII], Nervus mylohyoideus, Arteria und Vena facialis
Trigonum caroticum (paarig)	Venter posterior musculi digastrici, Venter superior musculi omohyoidei, Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus	Zuflüsse zur Vena jugularis interna, Ramus colli nervi facialis [VII], Arteria carotis communis, Arteriae carotides externae und internae, Arteria thyroidea superior, Arteria pharyngea ascendens, Arteria lingualis, Arteria facialis, Arteria occipitalis, Vena jugularis interna, Nervus vagus [X], Nervus accessorius [XI], Nervus hypoglossus [XII], Radix superior und Radix inferior der Ansa cervicalis profunda, Nervus transversus colli
Trigonum musculare (paarig)	Mittellinie des Halses, Venter superior musculi omohyoidei, Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus	Musculus sternohyoideus, Musculus omohyoideus, Musculus sternothyroideus, Musculus thyrohyoideus, Schilddrüse, Nebenschilddrüsen, Pharynx, Nasenhöhle

Abb. 8.171



Begrenzungen des lateralen Halsdreiecks.

Tab. 8.15 Muskulatur im Zusammenhang mit dem lateralen Halsdreieck. Klammern deuten auf mögliche Einbeziehung

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus sternocleidomastoideus				
Caput sternale	Oberer Anteil der Ventralseite des Manubrium sterni	Laterale Hälfte der Linea nuchalis superior	Nervus accessorius [XI] und Äste der Rami anteriores von	Bei einseitiger Kontraktion neigt er den Kopf auf der gleichen Seite in Richtung
Caput claviculare	Oberfläche des medialen Drittels der Clavicula	Laterale Fläche des Processus mastoideus	C2–C3 (C4)	Schulter und dreht ihn zur kontralateralen Seite; bei beidseitiger Kontraktion zieht er den Kopf nach vorn
Musculus trapezius	Linea nuchalis superior, Protuberantia occipitalis externa, Ligamentum nuchae, Processus spinosi der Wirbel C7–Th12	Laterales Drittel der Clavicula, Acromion, Spina scapulae	Motorischer Teil: Nervus accessorius [XI]; Propriozeption C3 und C4	Hilft bei der Rotation der Scapula während der Abduktion des Humerus über die Horizontale Pars descendens – Elevation Pars horizontalis – Adduktion Pars ascendens – Senken der Scapula
Musculus splenius capitis	Processus spinosus der Wirbel C3 – Th3	Processus mastoideus und lateraler Bereich der Linea nuchalis superior	Rami laterales (C1) C2–C5 (C6) der Rami dorsales der Spinalnerven	Bei beidseitige Aktivität neigt er den Kopf und die Wirbelsäule zurück; bei einseitiger Aktivität neigt und dreht er den Kopf zur gleichen Seite
Musculus levator scapulae	Processus transversi von C1–C4	Oberer Teil der medialen Seite der Scapula	Nervus dorsalis scapulae (C2) C3 – C5	Führt den elevierten Arm in die Neutral-Null-Stellung zurück, verlagert die Scapula nach kranial; streckt die Halswirbelsäule bei fixiertem Schultergürtel

Musculus scalenus posterior	Tubercula posteriora der Processus transversi der Halswirbel C4–C6 (C7)	Oberer Rand der 2. Rippe	Rami anteriores der Spinalnerven C5–C7	Hebt die 2. Rippe und damit den Brustkorb (Atemhilfsmuskel); neigt den Hals zur Seite
Musculus scalenus medius	Tubercula anteriora der Processus transversi der Halswirbel C2–C7	Oberrand der 1. Rippe zwischen Tuberculum und Sulcus arteriae subclaviae	Rami anteriores der Spinalnerven C3–C7	Hebt die 1. Rippe und damit den Brustkorb (Atemhilfsmuskel); neigt den Hals zur Seite
Musculus scalenus anterior	Tubercula anteriora der Processus transversi der Halswirbel C3–C6	Tuberculum musculi scaleni anterioris und Oberfläche der 1. Rippe	Rami anteriores der Spinalnerven C4–C7	Hebt die 1. Rippe und damit den Brustkorb (Atemhilfsmuskel); neigt den Hals zur Seite und nach vorn
Musculus omohyoideus	Margo superior medial von der Incisura scapulae	Lateraler Unterrand des Corpus ossis hyoidei	Ansa cervicalis profunda, Rami anterioes der Spinalnerven C1–C3	Zieht das Os hyoideum nach kaudal, fixiert bei isometrischer Kontraktion das Zungenbein, spannt die mittlere Halsfaszie und fördert den venösen Rückstrom

956

957

Gefäße

Vena jugularis externa

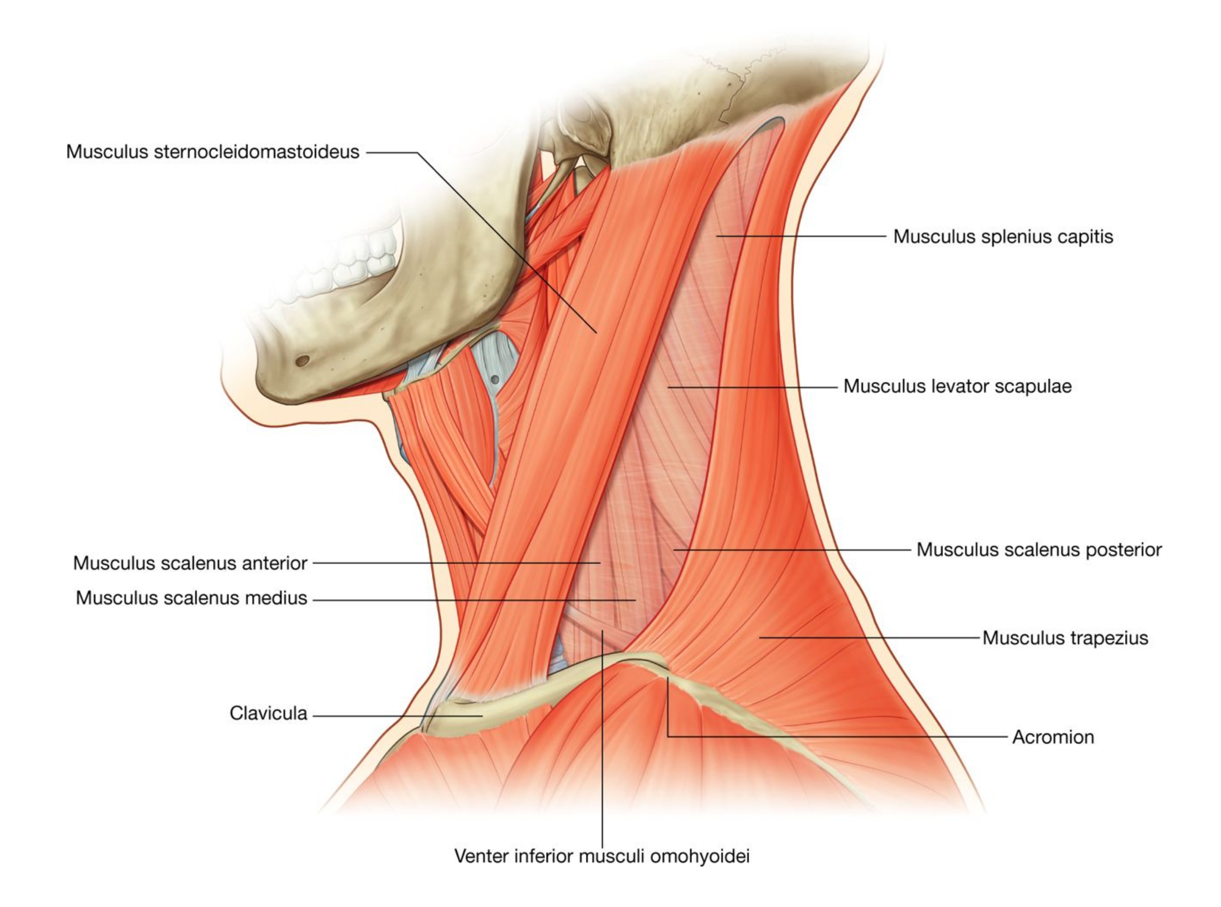
Eine der am oberflächlichsten verlaufenden Strukturen im lateralen Halsdreieck ist die Vena jugularis externa (Abb. 8.173). Die Vene geht nahe dem Angulus mandibulae aus der Vereinigung von Vena retromandibularis und Vena auricularis posterior hervor. Sie zieht eingehüllt in die Lamina superficialis fasciae cervicalis durch den Hals.

Nachdem die Vena jugularis externa den Musculus sternocleidomastoideus überkreuzt hat, zieht sie in das laterale Halsdreieck und setzt ihren kaudalwärts gerichteten Verlauf fort.

Im unteren Bereich des lateralen Halsdreiecks durchbricht die Vena jugularis externa die Lamina superficialis und mündet in die Vena subclavia.

Zu den Zuflüssen zur Vena jugularis externa in ihrem Verlauf durch das laterale Halsdreieck gehören die Venae transversa colli, suprascapularis sowie jugularis anterior.

Abb. 8.172



Muskulatur des lateralen Halsdreiecks.

Arteria subclavia und ihre Äste

Mehrer Arterien verlaufen im lateralen Halsdreieck. Die größte dieser Arterien ist die kaudal weitgehend hinter der Clavicula verlaufende Arteria subclavia am Unterrand des lateralen Halsdreiecks (Abb. 8.174). Die Arteria subclavia lässt sich in drei Abschnitte einteilen.

Der **erste Abschnitt der Arteria subclavia** geht rechts von der Arteria brachiocephalica und links direkt vom Arcus aortae ab und verläuft bis zur medialen Bengrenzung des Musculus scalenus anterior. Er hat zahlreiche Abgänge.

Der **zweite Abschnitt der Arteria subclavia** schließt sich an den ersten Abschnitt an und tritt lateral zwischen dem Musculus scalenus anterior und dem Musculus scalenus medius hindurch (Skalenuslücke). Er kann einen Abgang haben.

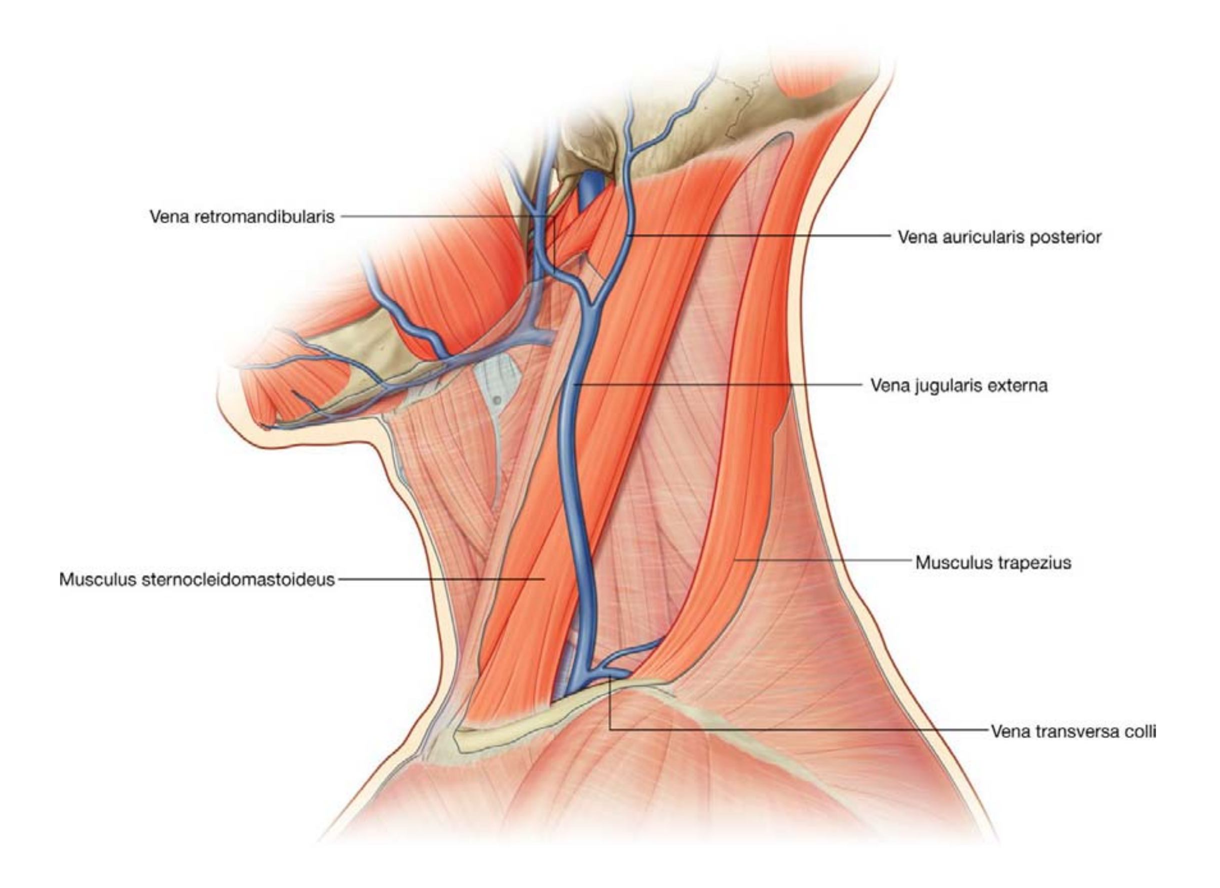
Die Skalenuslücke wird von den Muscului scaleni anterius und medius sowie von der ersten Rippe begrenzt. Außer der Arteria subclavia tritt der Plexus brachialis durch die Skalenuslücke.

Der **dritte Teil der Arteria subclavia** taucht zwischen Musculus scalenus anterior und Musculus scalenus medius auf und kreuzt die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks (Abb.

957
958

8.174). Er erstreckt sich von der lateralen Begrenzung des Musculus scalenus anterior bis zur lateralen Grenze der 1. Rippe. Ab diesem Punkt wird die Arteria subclavia zur **Arteria axillaris** und zieht in die obere Extremität.

Abb. 8.173



Vena jugularis externa im lateralen Halsdreieck.

Als einziger Ast kann die **Arteria dorsalis scapulae** vom dritten Abschnitt der Arteria subclavia entspringen. Die Arterie zieht nach dorsolateral, um den Oberrand der Scapula zu erreichen, wendet sich nach kaudal und verläuft entlang dem Margo medialis, hinter dem Musculus rhomboideus liegend, weiter nach kaudal.

Arteria transversa colli und Arteria suprascapularis

Zwei weitere kleine Arterien kreuzen ebenfalls die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks. Es sind die Arteria transversa colli und die Arteria suprascapularis (Abb. 8.174). Beide Arterien sind Abgänge des Truncus thyrocervicalis, der aus dem ersten Abschnitt der Arteria subclavia nach kranial zieht.

Nach ihrem Abgang aus dem Truncus thyrocervicalis zieht die **Arteria transversa colli** nach lateral und etwas nach dorsal über die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks über den Musculus scalenus anterior und den Plexus brachialis. Kurz vor der Vorderkante des Musculus trapezius teilt sie sich in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast:

- Der **Ramus superficialis** setzt sich unterhalb des Musculus trapezius fort.

- Der **Ramus profundus** tritt nach dorsal unter die Musculi rhomboidei nahe dem Margo medialis der Scapula.

Auch die **Arteria supraclavicularis** geht als Ast aus dem Truncus thyrocervicalis hervor, zieht lateral in leicht kaudaler Richtung über die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks und endet dorsal von der Clavicula (Abb. 8.174).

Oberhalb der Incisura suprascapularis zieht die Arterie über das Ligamentum transversum scapulae superius und trägt zur Blutversorgung der Rotatorenmanschettenmuskulatur bei. Gemeinsam mit der Arteria subscapularis und der Arteria circumflexa scapulae beteiligt sie sich an der sog. Schulterblattarkarde (Blutversorgung des Schulterblatts und seiner Muskulatur).

958

959

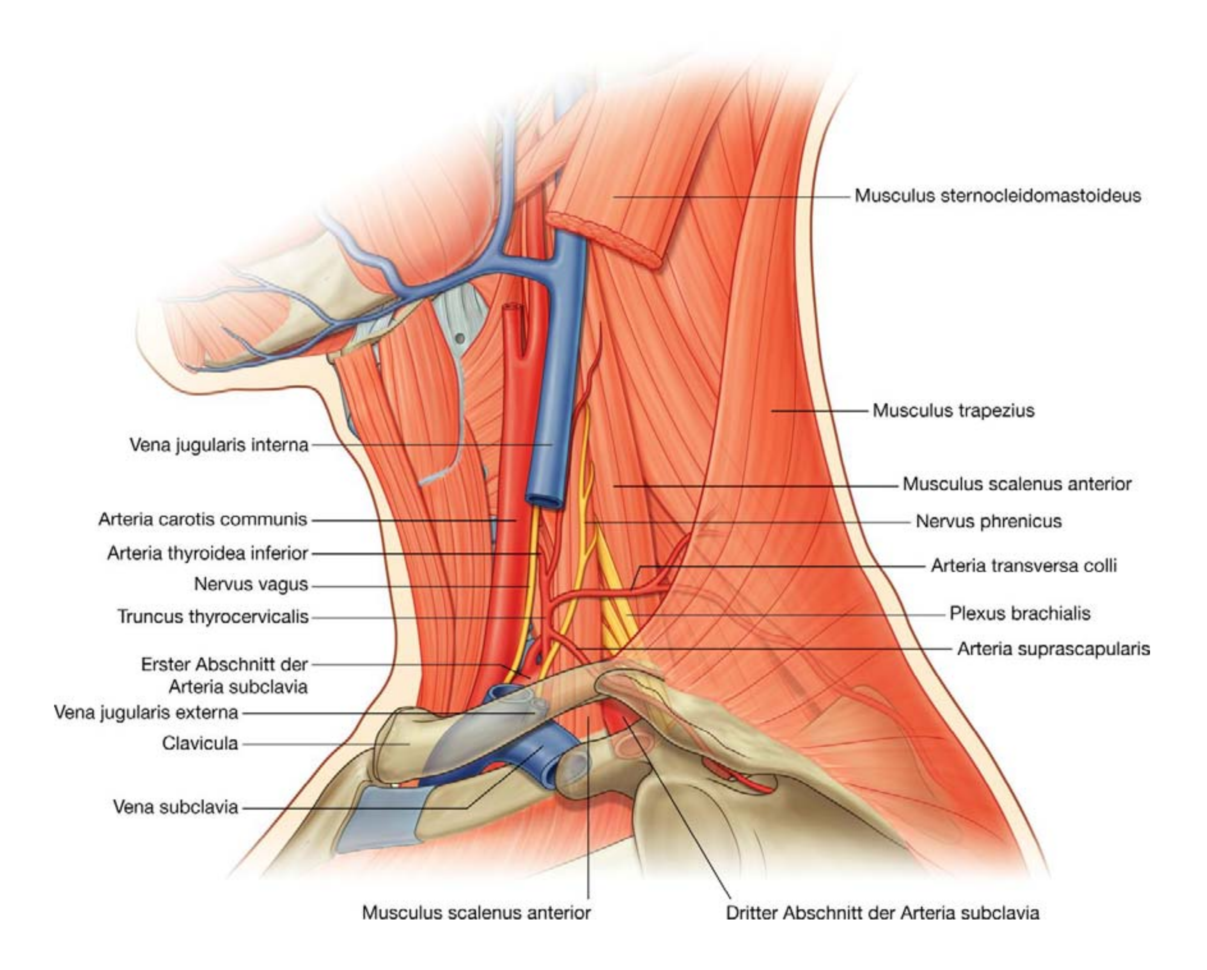
Venen

Die Venen begleiten die oben beschriebenen Arterien.

Die **Vena subclavia** ist eine Fortsetzung der Vena axillaris und beginnt am lateralen Rand der 1. Rippe. In dem Bereich, in dem die Vena subclavia die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks kreuzt, erhält sie Zuflüsse aus der Vena jugularis externa und oftmals auch aus den Venae suprascapularis und transversa colli (Abb. 8.174). Die Vena subclavia endet, indem sie sich mit der Vena jugularis interna zur Vena brachiocephalica nahe der Articulatio sternoclavicularis zusammenschließt. Im lateralen Halsdreieck befindet sie sich vor und etwas unterhalb der Arteria subclavia. Sie verläuft vor dem Musculus scalenus anterior und damit nicht durch die Skalenuslücke.

Vena transversa colli und Vena suprascapularis verlaufen jeweils mit ihren gleichnamigen Arterien und münden entweder in die Vena jugularis externa oder in den Anfangsteil der Vena subclavia ein.

Abb. 8.174



Arterien im lateralen Halsdreieck.

Nerven

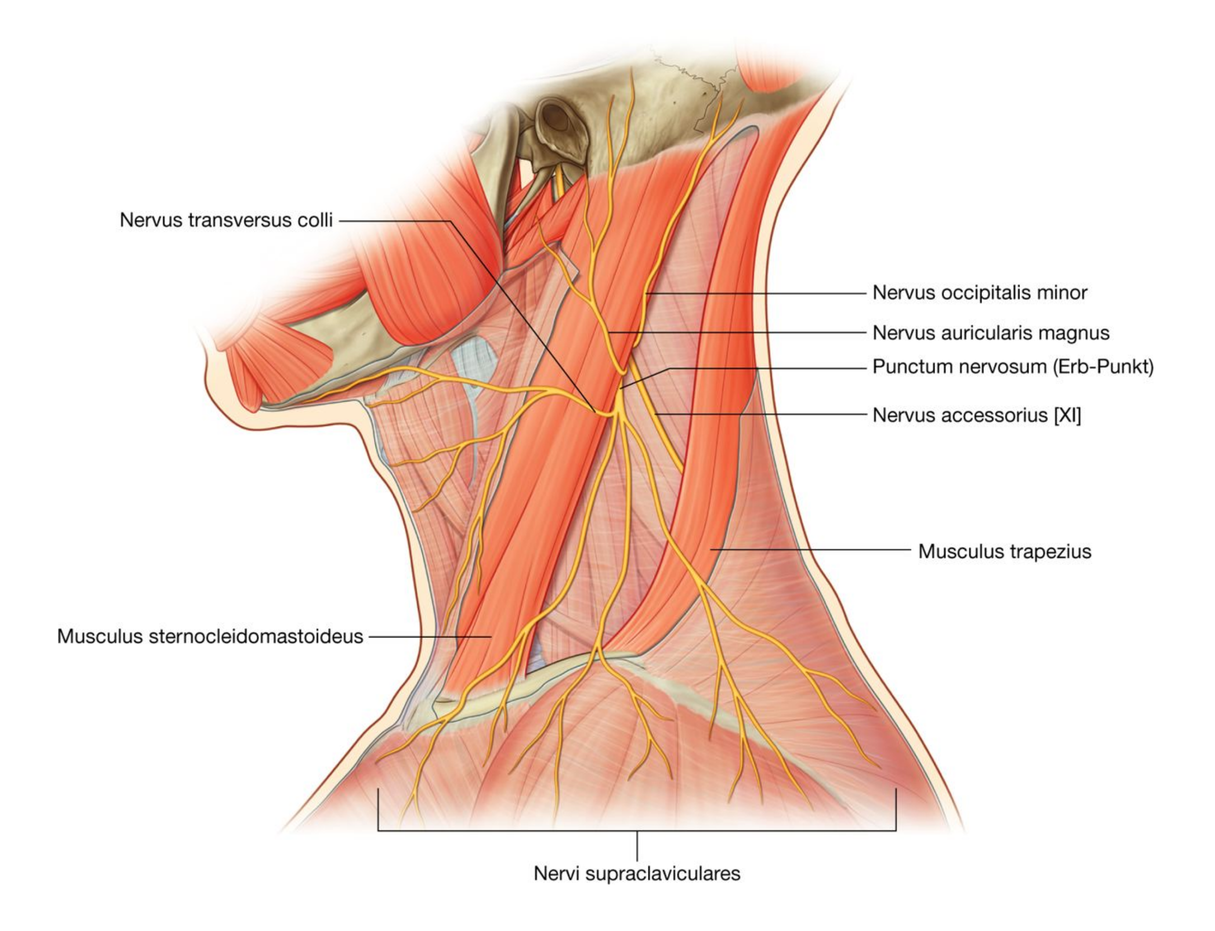
Mehrere Nerven ziehen durch das laterale Halsdreieck oder liegen darin. Dazu gehören der Nervus accessorius [XI], Äste des Plexus cervicalis sowie Fasern und Äste des Plexus brachialis.

Nervus accessorius

Der Nervus accessorius [XI] tritt durch das Foramen jugulare aus dem Schädel aus und zieht dann in dorsaler Richtung den Hals bis zum Oberrand des Musculus sternocleidomastoideus hinab. Hier verläuft er entweder unter dem Muskel oder tritt in den Musculus sternocleidomastoideus ein. Dabei innerviert er ihn. Durch den weiterhin schräg kaudalwärts gerichteten Verlauf erreicht der Nervus accessorius [XI] am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus das laterale Halsdreieck (Abb. 8.175) und durchquert es eingescheidet in die Lamina superficialis der Halsfaszie, da diese sich zwischen Musculus sternocleidomastoideus und Musculus trapezius ausspannt und die beiden Muskeln einhüllt. Am Vorderrand des Musculus trapezius zieht der Nervus accessorius [XI] unter den Muskel, verläuft weiter kaudalwärts und innerviert den Musculus trapezius dabei. *Der*

Nervus accessorius [XI] ist aufgrund seines oberflächlichen Verlaufs durch das laterale Halsdreieck gefährdet.

Abb. 8.175



Nervus accessorius im lateralen Halsdreieck.

Plexus cervicalis

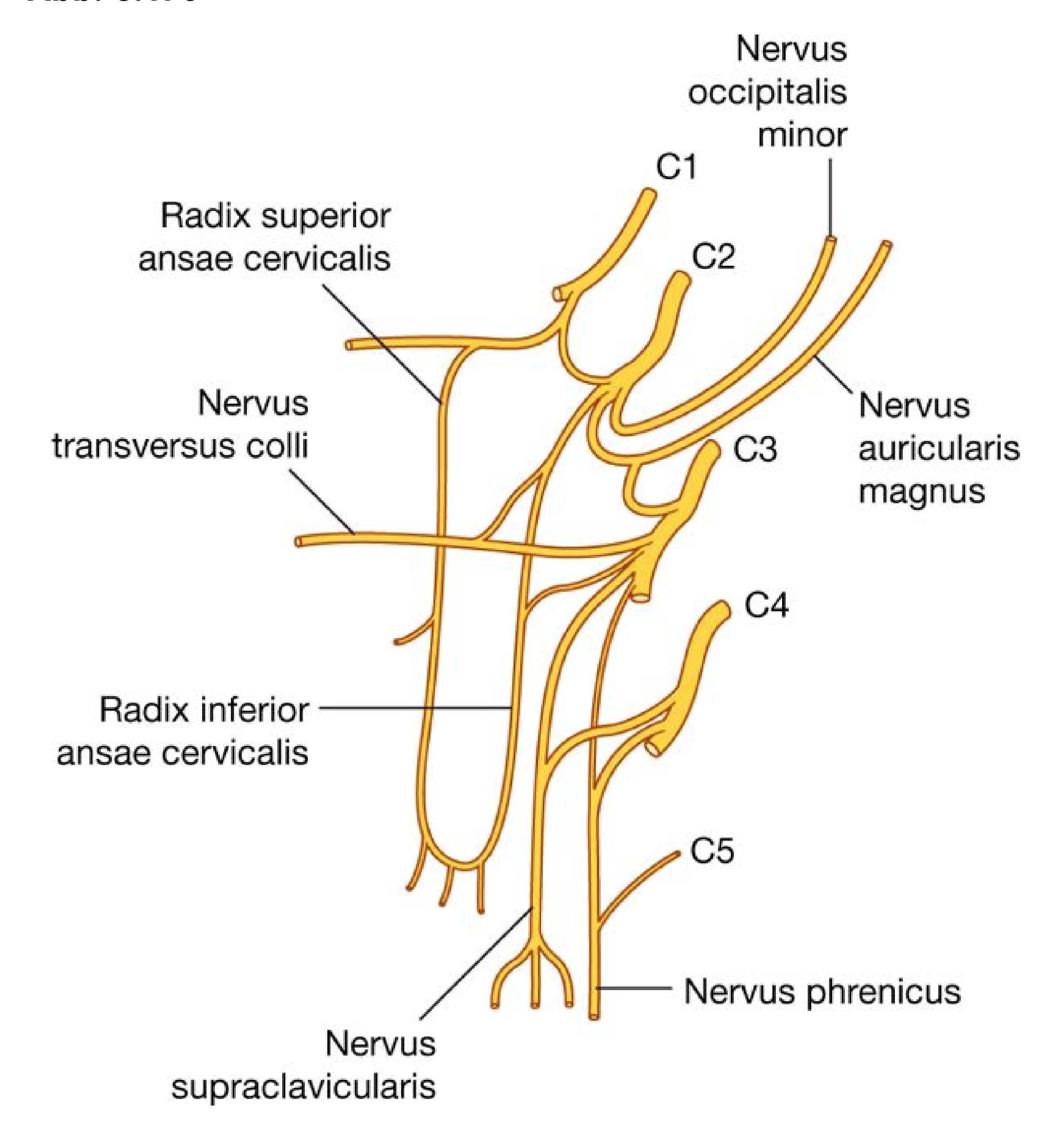
Der Plexus cervicalis wird von den Rami anteriores der Spinalnerven C2 bis C4 gebildet und kann auch Anteile des Ramus anterior aus Spinalnerv C1 führen (Abb. 8.176).

Umhüllt von der Lamina pretrachealis fasciae cervicalis, befindet sich der Plexus cervicalis innerhalb der Muskeln, die den Boden des lateralen Halsdreiecks bilden. Er besteht aus:

- Rami musculares (tiefe Äste)
- Rami cutanei (oberflächliche Äste).

Die Rami cutanei sind im lateralen Halsdreieck am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus sichtbar. Diesen Bereich, an dem alle Rami cutanei an die Oberfläche treten, bezeichnet man als Punctum nervosum (Erb-Punkt).

Abb. 8.176



Plexus cervicalis.

960
961

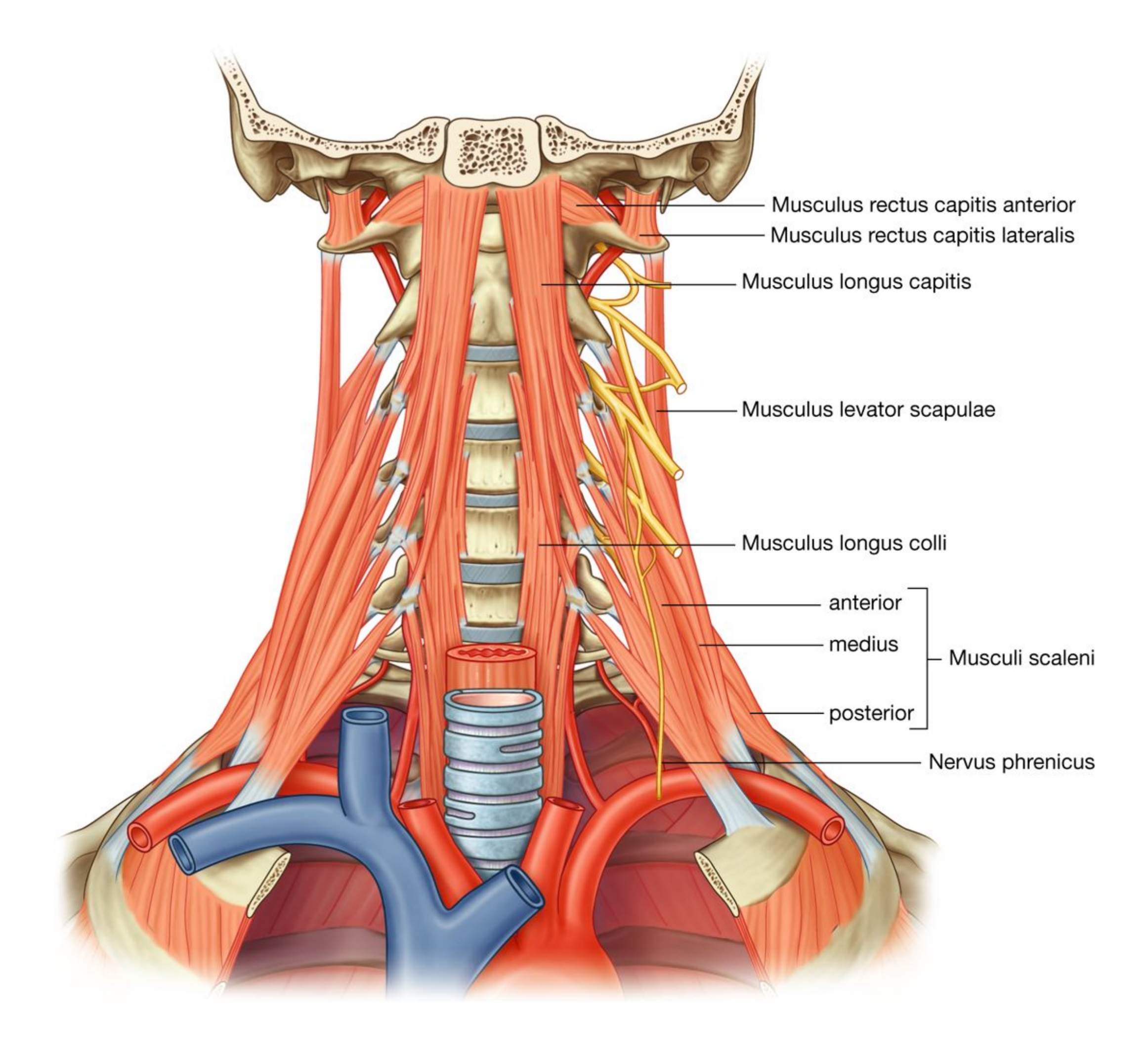
Rami musculares

Die Rami musculares des Plexus cervicalis innervieren verschiedene Muskelgruppen. Ein Hauptast ist der **Nervus phrenicus**, der das Diaphragma (Zwerchfell) sensibel und motorisch sowie jeweils einen Teil des Perikards und des Peritoneums sensibel innerviert (Abb. 8.176). Der Nervus phrenicus setzt sich aus Rami anteriores von C3 bis C5 zusammen und schlängelt sich um den oberen äußeren Rand des Musculus scalenus anterior. Von hier zieht der Nervus phrenicus innerhalb des Lamina prevertebralis fasciae cervicalis senkrecht über die Vorderseite des Musculus scalenus anterior nach kaudal in den Thorax (Abb. 8.174). Zwei Arterien verlaufen über den Nervus phrenicus auf seinem

Weg durch den Hals nach kaudal hinweg. Dabei handelt es sich um die Arteria transversa colli und die Arteria suprascapularis.

Ein Teil der motorischen Äste des Plexus cervicalis innerviert die prävertebralen und die tiefen seitlichen Halsmuskeln einschließlich der Musculi rectus capitis anterior, rectus capitis lateralis, longus colli sowie longus capitis (Abb. 8.177 und Tab. 8.16).

Abb. 8.177



Prävertebrale und tiefe seitliche Halsmuskeln (Innervation durch den Plexus cervicalis).

Schließlich ist der Plexus cervicalis an der Bildung der Radix superior und der Radix inferior der Ansa cervicalis beteiligt (Abb. 8.176). Die Nervenschlinge führt Fasern der Rami anteriores der Spinalnerven C1 bis C3 und innerviert die infrahyale Muskulatur.

Rami cutanei

Die Rami cutanei des Plexus cervicalis sind im lateralen Halsdreieck sichtbar. Sie treten hier am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus an die Oberfläche (Punctum nervosum; Erb-Punkt; Abb. 8.175 und 8.176):

- Der **Nervus occipitalis minor** führt sensible Fasern des Zervikalnervs C2 (Abb. 8.176). Er zieht am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus kranialwärts und innerviert die Haut des Halses und des Kopfes hinter der Ohrmuschel.
- Der **Nervus auricularis magnus** führt Äste der Zervikalnerven C2 und C3. Er ist normalerweise der kräftigste der vier Hautnerven. Er zieht vom Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus senkrecht kranialwärts auf das Gebiet vor der Ohrmuschel zu und verläuft dabei quer über den Musculus sternocleidomastoideus. Er innerviert die Haut im Bereich der Glandula parotidea, vor und unter der Ohrmuschel sowie die Region um den Processus mastoideus.
- Der **Nervus transversus colli** führt Äste der Zervikalnerven C2 und C3. Er zieht um den Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus und verläuft etwa in der Mitte horizontal über den Musculus sternocleidomastoideus nach ventral, um die Haut im vorderen und seitlichen Abschnitt des Halses zu innervieren. Er bildet mit dem Ramus colli des Nervus facialis [VII] eine Anastomose (Ansa cervicalis superficialis) und führt daher in einem kurzen Abschnitt auch motorische Fasern zur Unterseite des Platysmas.
- Die **Nervi supraclaviculares** sind eine Gruppe von Hautnerven der Zervikalnerven C3 und C4, die, nachdem sie am Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus aus dem Punctum nervosum ausgetreten sind, absteigen und die Haut über der Clavicula und der Schulter bis hinunter zur 2. Rippe innervieren.

961 962

Tab. 8.16 Prävertebrale und tiefe seitliche Halsmuskeln

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus rectus capitis anterior	Massa lateralis des Atlas	Pars basilaris des Os occipitale	Ramus anterior C1	Neigt den Kopf in der Articulatio atlantooccipitalis, Feineinstellung des Kopfes in den Kopfgelenken
Musculus rectus capitis lateralis	Oberfläche des Processus transversus des Atlas	Unterfläche des Processus jugularis des Os occipitale	Rami anteriores C1, C2	Neigt den Kopf zur gleichen Seite nach lateral
Musculus longus colli				
Pars obliqua superior	Tubercula anteriora der Processus transversi der Wirbel C3–C5	Tuberculum anterius des Atlas	Rami anteriores C2–C6	Neigt den Kopf bei beidseitiger Aktivität vorwärts, bei einseitiger Ativität nach lateral, dreht den Kopf leicht zur ipsilateralen Seite
Pars obliqua inferior	Vorderfläche der Wirbelkörper Th1, Th2 und manchmal Th3	Tubercula anteriora der Processus transversi der Wirbelkörper C5 und C6		
Pars verticalis	Vorderfläche der Wirbelkörper Th1–Th3 und C5–C7	Vorderfläche der Wirbelkörper C2–C4		
Musculus longus capitis	Tuberculum anterius des Processus transversus der Halswirbel C3–C7	Pars basilaris des Os occipitale	Rami anteriores C1–C3	Bei beidseitiger Aktivität unterstützt er das Vorwärtsneigen des Kopfes, bei einseitiger Aktivität wird der Kopf zur Seite geneigt

Plexus brachialis

Der Plexus brachialis besteht aus den Rami anteriores der zervikalen Spinalnerven C5 bis C8 sowie dem thorakalen Spinalverv Th1. Die Rami anteriores, die zwischen Musculi scaleni anterior und medius hervortreten, sind die **Wurzeln** des Plexus brachialis. An der Stelle, an der die Spinalnervenwurzeln zwischen den Muskeln hervorkommen, bilden sie die Trunci des Plexus brachialis:

- Die Rami anteriores von C5 und C6 bilden den Truncus superior.

- Der Ramus anterior von C7 bildet den Truncus medius.
- Die Rami anteriores von C8 und Th1 bilden den Truncus inferior.

Die Trunci kreuzen die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks (Abb. 8.175). Einige Äste des Plexus brachialis können im lateralen Halsdreieck sichtbar sein. Zu ihnen gehören:

- der **Nervus dorsalis scapulae** zu den Musculi rhomboidei
- der **Nervus thoracicus longus** zum Musculus serratus anterior
- der **Nervus subclavius** zum Musculus subclavius
- der **Nervus suprascapularis** zum Musculus supraspinatus und zum Musculus infraspinatus.

962
963

Halsbasis

Die Halsbasis (Abb. 8.178) ist die Region, die unmittelbar oberhalb der oberen Thoraxapertur und des Übergangs zur Achsel liegt. Sie wird begrenzt durch

- das obere Ende des Manubrium sterni und den Oberrand der Clavicula auf der ventralen Seite
- die Oberfläche des Brustwirbels Th1 und den Oberrand der Scapula bis zum Processus coracoideus auf der dorsalen Seite.

Die Halsbasis enthält Strukturen, die zwischen Hals, Thorax und oberer Extremität verlaufen. Die Pleurakuppel ragt aus dem Thorax in die Halsbasis hinein. Sie besteht beidseits aus einer Erweiterung der Pleurahöhle und schließt den zervikalen Teil der Pleura parietalis sowie den apikalen Teil des Lobus superior jedes Lungenflügels ein.

Ventral erstreckt sich die Pleurakuppel bis über den Oberrand des Manubrium sterni und der 1. Rippe. Aufgrund der nach kaudalwärts gerichteten Krümmung der oberen Thoraxapertur liegt die Pleurakuppel auf der Körperrückseite unter dem Niveau des 1. Brustwirbels.

Gefäße

Arteriae subclaviae

Die Arteriae subclaviae beider Seiten verlaufen in einem Bogen über die Pleurakuppel. Dabei treten sie über das Niveau der oberen Thoraxapertur und verlaufen durch die Halsbasis (Abb. 8.179).

Die **Arteria subclavia dextra** verläuft hinter der Articulatio sternoclavicularis als einer der beiden Endäste des Truncus brachiocephalicus. Sie zieht nach oben lateral über die Pleurakuppel und tritt hinter dem Musculus scalenus anterior durch die Skalenuslücke in

die Halsbasis. Von hier verläuft sie über die 1. Rippe in lateraler Richtung und wird am Außenrand der 1. Rippe per definitionem zur **Arteria axillaris**.

Die **Arteria subclavia sinistra** geht weiter kaudal im Thorax als die Arteria subclavia dextra als direkter Ast aus dem Aortenbogen hervor. Sie verläuft hinter der Arteria carotis communis sinistra und lateral der Trachea nach kranial, biegt hinter der Articulatio sternoclavicularis nach lateral, zieht über die Pleurakuppel und tritt hinter dem Musculus scalenus anterior durch die Skalenuslücke. Auch hier zieht sie über die 1. Rippe und wird an deren Außenrand zur Arteria axillaris.

Beide Arteriae subclaviae werden vom Musculus scalenus anterior in drei Abschnitte geteilt (Abb. 8.179):

- Der erste Abschnitt erstreckt sich vom Ursprung der Arterie bis zum Musculus scalenus anterior.
- Der zweite Abschnitt ist der Teil der Arterie, der hinter dem Musculus scalenus anterior liegt.
- Der dritte Abschnitt ist der Teil, der lateral vom Musculus scalenus anterior liegt, bevor dieser den lateralen Rand der ersten Rippe erreicht. Alle Äste der linken und rechten Arteria subclavia entspringen aus dem ersten Abschnitt der Arterie (Abb. 8.179). Hierzu gehören die Arteria vertebralis, der Truncus thyrocervicalis, die Arteria thoracica interna und der Truncus costocervicalis.

Arteria vertebralis

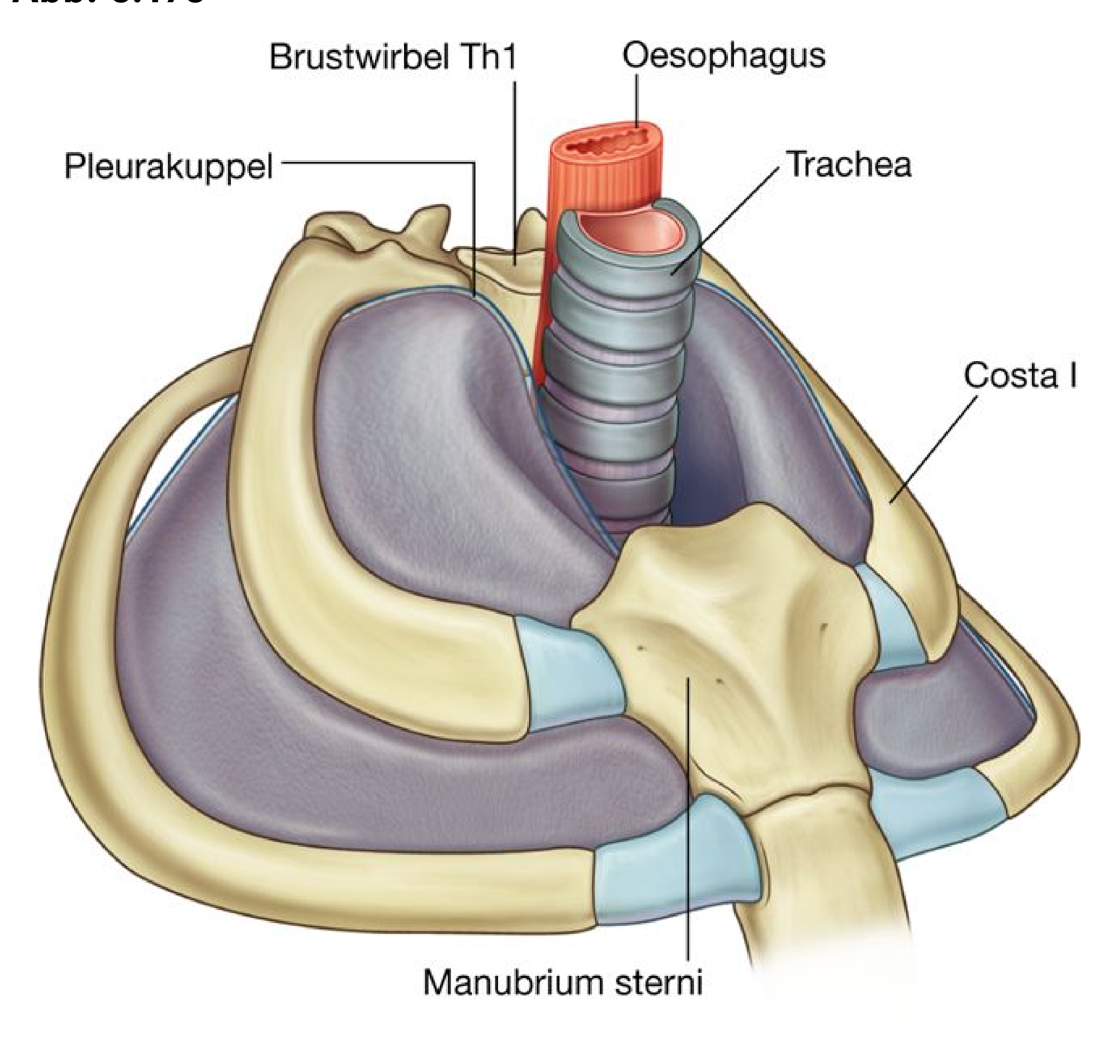
Die **Arteria vertebralis** ist der erste Ast der Arteria subclavia in ihrem Verlauf durch die Halsbasis (Abb. 8.179). Sie entspringt als großes Gefäß aus dem ersten Abschnitt der Arteria subclavia medial vom Musculus scalenus anterior, zieht nach kranial und tritt durch das Foramen transversarium vertebrae von C6. Von hier verläuft sie weiter kranialwärts durch die Foramina transversaria vertebrae von C5 bis C1. Am Oberrand des Atlas zieht die Arteria vertebralis nach medial und kreuzt den Arcus posterior, um von hier durch das Foramen magnum in die hintere Schädelgrube zu ziehen.

Truncus thyrocervicalis

Der zweite Ast der Arteria subclavia ist der **Truncus thyrocervicalis** (Abb. 8.179). Er entspringt aus dem ersten Abschnitt der Arteria subclavia medial des Musculus scalenus anterior und teilt sich in drei Äste – die Arteriae thyroidea inferior, transversa colli und suprascapularis.

Arteria thyroidea inferior

Abb. 8.178



Halsbasis.

Die **Arteria thyroidea inferior** (Abb. 8.179) ist die kraniale Fortsetzung des Truncus thyrocervicalis. Die Arterie zieht mit dem Musculus scalenus anterior nach kranial und tritt schließlich medial zwischen Vagina carotica und die Halswirbelsäule. Sie erreicht die Hinterseite der Glandula thyroidea und versorgt die Drüse mit Blut.

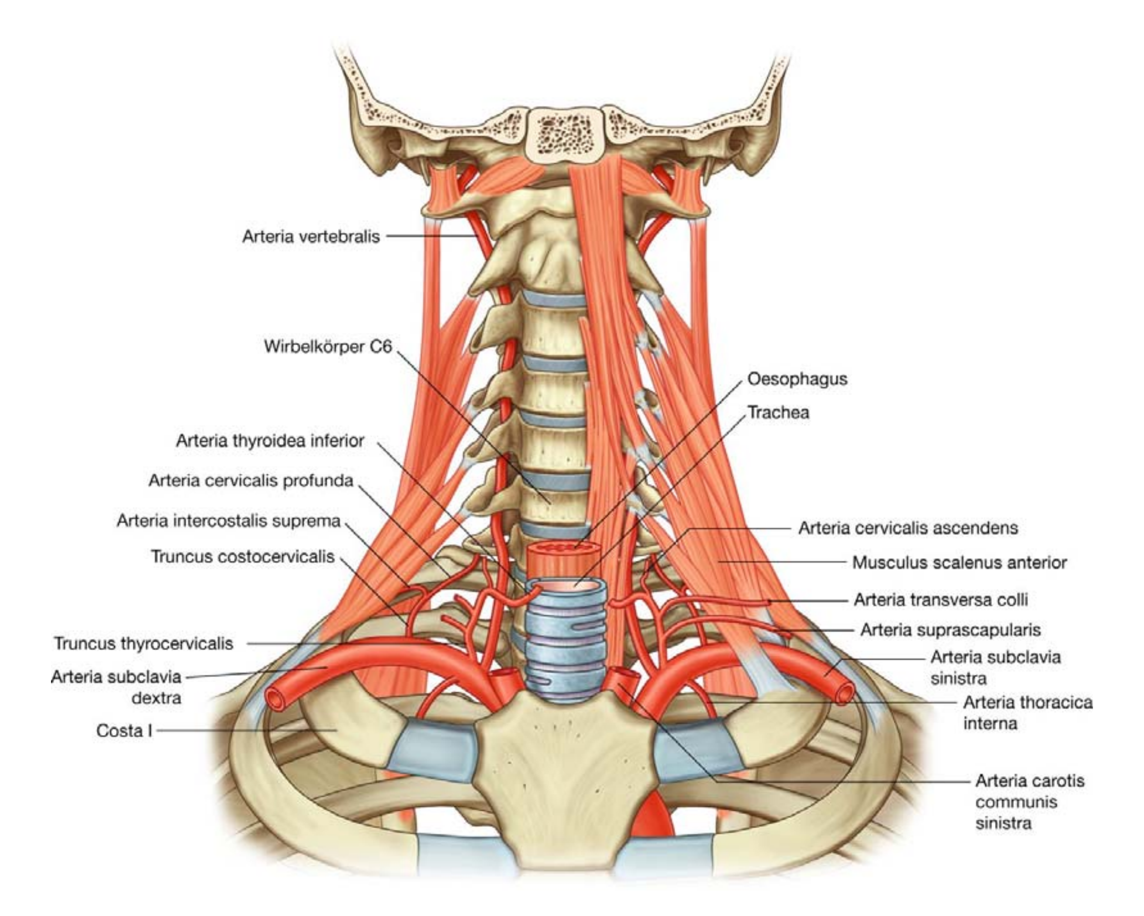
963

964

An der Stelle, an der die Arteria thyroidea inferior nach medial zieht, gibt sie einen wichtigen Ast ab, die **Arteria cervicalis ascendens**, die sich auf der Vorderseite der prävertebralen Muskulatur kranialwärts fortsetzt, die Muskeln arteriell versorgt und Äste zum Rückenmark abgibt.

Arteria transversa colli

Abb. 8.179



Gefäße der Halsbasis.

Der mittlere Ast des Truncus thyrocervicalis ist die **Arteria transversa colli** (Abb. 8.179). Die Arterie zieht an der Vorderseite des Musculus scalenus anterior nach lateral, kreuzt die Grundlinie des lateralen Halsdreiecks und tritt in dieses ein. Anschließend verläuft sie zum Vorderrand des Musculus trapezius und teilt sich in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast auf:

- Der **Ramus ascendens** setzt sich an der Unterseite des Musculus trapezius kranialwärts fort.
- Der **Ramus descendens** setzt sich an Unterseite des Musculus trapezius kaudalwärts fort und tritt unter den Musculus rhomboideus major. In ihrem Verlauf zieht die Arterie dabei in der Nähe des Margo medialis der Scapula entlang und begleitet den Nervus accessorius.

Arteria suprascapularis

Der am weitesten kaudal abgehende Ast des Truncus thyrocervicalis ist die **Arteria suprascapularis** (Abb. 8.179). Sie zieht nach lateral, kreuzt vorn den Musculus

scalenus anterior, den Nervus phrenicus, den dritten Abschnitt der Arteria subclavia und die Trunci des Plexus brachialis. Am Oberrand der Scapula zieht sie über das Ligamentum transversum scapulae superius und tritt in die Fossa supraspinata.

Arteria thoracica interna

Der dritte Ast der Arteria subclavia ist die **Arteria thoracica interna** (Abb. 8.179). 964
Diese Arterie zweigt sich von der Unterseite der Arteria subclavia ab und zieht 965
kaudalwärts. Sie verläuft dorsal der Clavicula und der großen Venen der Region, aber ventral der Pleura parietalis. Hinter den Rippen und vor dem Musculus transversus thoracis zieht sie in die Thoraxhöhle und gibt in ihrem kaudalwärts gerichteten Verlauf zahlreiche Äste ab.

Truncus costocervicalis

Der letzte Ast der Arteria subclavia in der Halsbasis ist der Truncus costocervicalis (Abb. 8.179). Er entspringt seitenabhängig an leicht unterschiedlichen Positionen:

- Auf der linken Seite entspringt er aus dem ersten Abschnitt der Arteria subclavia direkt medial des Musculus scalenus anterior.
- Auf der rechten Seite entspringt er aus dem zweiten Abschnitt der Arteria subclavia.

Auf beiden Seiten zieht der Truncus costocervicalis nach kranial und dorsal über die Pleurakuppel hinweg und setzt sich dann dorsal hinter dem Musculus scalenus anterior fort. Schließlich teilt er sich in zwei Äste auf, die Arteria cervicalis profunda und die Arteria intercostalis suprema:

- Die **Arteria cervicalis profunda** zieht im Nacken kranialwärts und anastomosiert mit dem absteigenden Ast der Arteria occipitalis.
- Die **Arteria intercostalis suprema** verläuft vor der 1. Rippe kaudalwärts und teilt sich in die Arteriae intercostales posteriores der ersten beiden Interkostalräume.

Venen

Zahlreiche Venen ziehen durch die Halsbasis. Kleine Venen begleiten jede oben beschriebene Arterie; größere Venen bilden wichtige venöse Ausflusswege.

Die **Venae subclaviae** beginnen jeweils am lateralen Rand der 1. Rippe als Fortsetzungen der **Venae axillares**. Sie verlaufen auf beiden Seiten nach medial, vereinigen sich direkt vor den Musculi scaleni anteriores mit der jeweiligen Vena jugularis interna und bilden Venae brachiocephalicae.

Die einzigen Zuflüsse der Venae subclaviae sind die Venae jugulares externae.

Die Begleitvenen der zahlreichen Arterien dieser Region fließen in andere Venen ab.

Nerven

Einige Nerven und Komponenten des Nervensystems ziehen durch die Halsbasis.

Nervi phrenici

Die Nervi phrenici bestehen aus Ästen des Plexus cervicalis und gehen jeweils aus Fasern der Zervikalnerven C3 bis C5 hervor. Sie ziehen um den lateralen oberen Rand des Musculus scalenus anterior und setzen sich auf dessen Vorderseite innerhalb der Lamina prevertebralis der Halsfaszie kaudalwärts fort (Abb. 8.180). Jeder Nervus phrenicus verlässt den Unterrand des jeweiligen Musculus scalenus anterior und verläuft zwischen Vena und Arteria subclavia, um in den Thorax zu gelangen und sich bis zum Zwerchfell fortzusetzen.

Nervus vagus [X]

Innerhalb der Vagina carotica, dorsal oder direkt zwischen Arteria carotis communis und Vena jugularis interna, verläuft der Nervus vagus [X] kaudalwärts durch den Hals.

Im unteren Teil des Halses gibt der Nervus vagus [X] bereits Rami cardiaci ab, die sich kaudal und medial fortsetzen und jeweils hinter der Arteria subclavia in den Thorax treten.

Im Bereich der Halsbasis zieht jeder Nervus vagus [X] ventral der Arteria subclavia und dorsal der Vena subclavia in den Thorax (Abb. 8.180).

Nervus laryngeus recurrens

Beide Nervi laryngei recurrentes sind im Bereich der Halsbasis sichtbar.

Der **Nervus laryngeus recurrens dexter** entspringt in der Halsbasis als Ast des Nervus vagus [X] dexter am Unterrand des ersten Abschnitts der Arteria subclavia (Abb. 8.180). Er biegt von ventral nach dorsal um die Arteria subclavia herum und zieht dann in einer Rinne zwischen Trachea und Oesophagus zunächst nach kranial und dann medialwärts zum Larynx.

Der **Nervus laryngeus recurrens sinister** entspringt als Ast aus dem Nervus vagus [X] sinister auf Höhe des absteigenden Teils des Aortenbogens im oberen Mediastinum. Er verläuft von ventral nach dorsokranial um den Arcus aortae herum und zieht dann in einer Rinne zwischen Trachea und Oesophagus zunächst nach kranial und dann medialwärts zum Larynx.

Sympathisches Nervensystem

Verschiedene Komponenten des sympathischen Nervensystems sind in ihrem Verlauf durch die Halsbasis sichtbar. Zu ihnen gehören (Abb. 8.181):

- der zervikale Teil des Grenzstrangs (Truncus sympathicus)

- die Ganglien, die mit dem zervikalen Teil des Grenzstrangs assoziiert sind
- Nervi cardiaci, die vom zervikalen Teil des Grenzstrangs abgehen.

Der Truncus sympathicus besteht aus zwei parallelen Strängen (Grenzstränge), die von der Schädelbasis bis zum Steißbein verlaufen. Jeder Grenzstrang ist durch Ganglien (Ansammlungen von Neuronen) charakterisiert, die den Nervenstrang im Bereich des Ganglions verdickt erscheinen lassen.

965

966

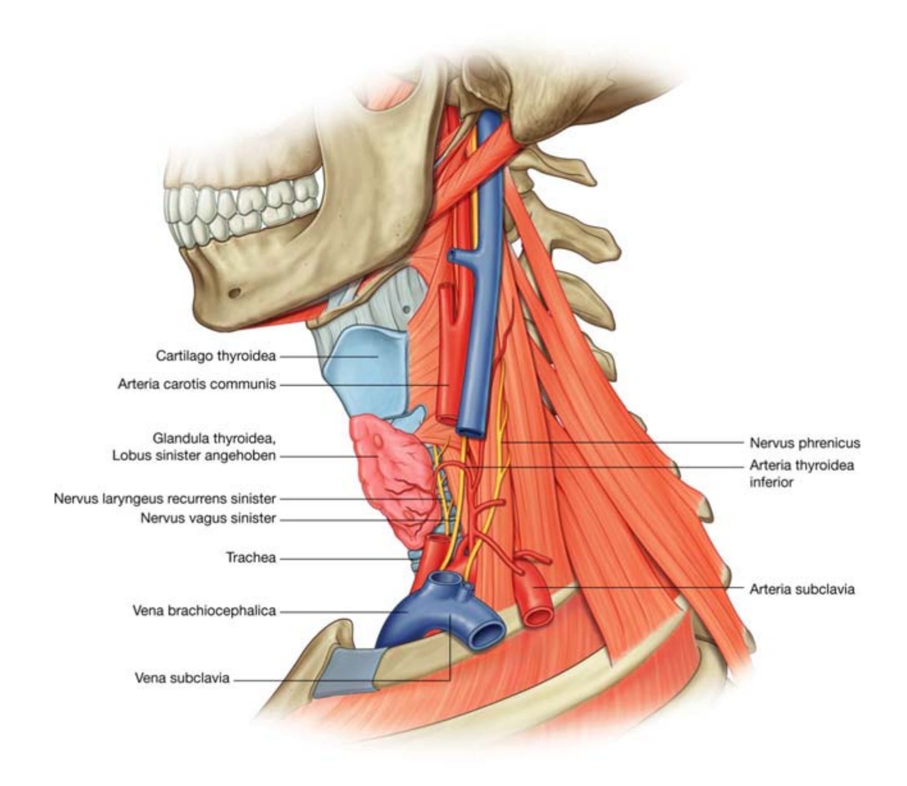
Zervikaler Teil des Grenzstrangs

Der **zervikale Teil des Grenzstrangs** liegt vor den Musculi longus colli und longus capitis und hinter den Arteriae carotis communis und carotis interna, die innerhalb der Vagina carotica verlaufen. Der Grenzstrang ist über einen Ramus communicans griseus mit jedem Spinalnerv verbunden (Abb. 8.182). Rami communicantes albi kommen nur an den thorakalen und lumbalen Spinalnerven vor; sie fehlen aber im Zervikalbereich.

Ganglien

Nomalerweise kommen beidseits im Verlauf des Grenzstrangs drei Ganglien im Zervikalbereich vor. In diesen Ganglien bilden aufsteigende, präganglionäre sympathische Fasern vom oberen Thorakalmark Synapsen mit postganglionären sympathischen Neuronen. Die postganglionären Fasern werden von den Neuronen in den Ganglien als Äste abgegeben.

Abb. 8.180



Nerven in der Halsbasis.

Ganglion cervicale superius

Das relativ große **Ganglion cervicale superius** in der Gegend der Halswirbel C1 und C2 kennzeichnet die kraniale Ausdehnung des Grenzstrangs (Abb. 8.181 und 8.182). Seine Äste ziehen

- zur Arteria carotis interna und zur Arteria carotis externa, um deren Wände er Plexus bildet
- über die Rami communicantes grisei zu den Spinalnerven C1 bis C4

966

967

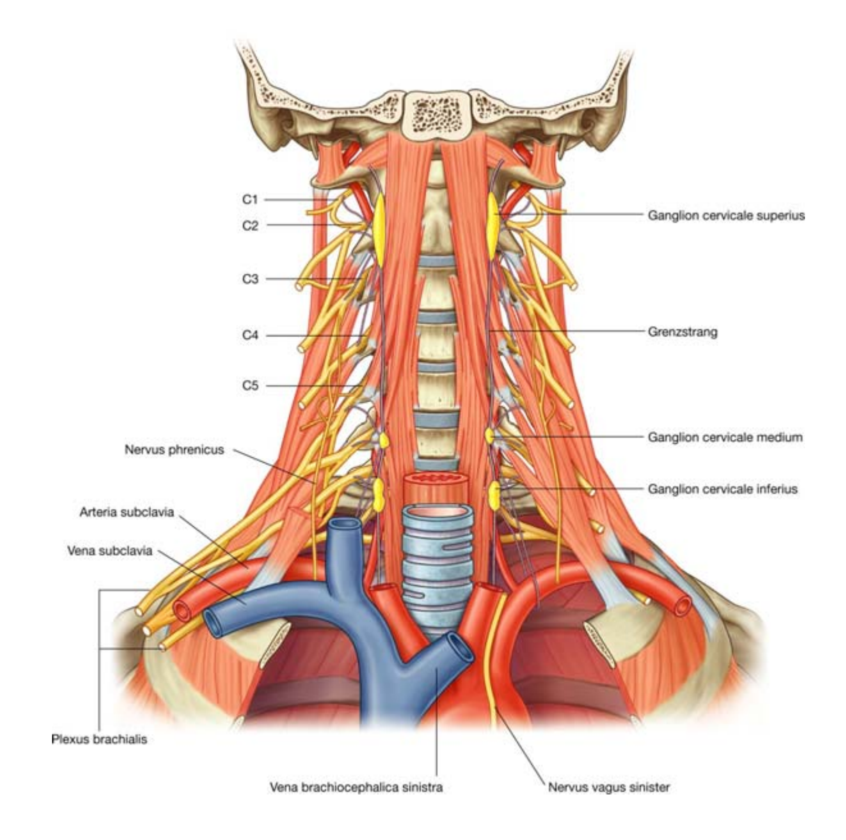
- zum Pharynx
- als **Nervi cardiaci cervicales superiores** zum Herzen.

Ganglion cervicale medium

Ein zweites Ganglion, das **Ganglion cervicale medium**, liegt im Verlauf des Grenzstrangs unterhalb des Ganglion cervicale superius ungefähr auf Höhe des Halswirbels C6 (Abb. 8.181 und 8.182). Äste dieses Ganglions ziehen

- durch die Rami communicantes grisei zu den zervikalen Spinalnerven C5 und C6
- als **Nervi cardiaci cervicales medii** zum Herzen.

Abb. 8.181



Komponenten des Sympathikus in der Halsbasis.

Ganglion cervicale inferius

Am unteren Ende des zervikalen Grenzstrangs befindet sich das Ganglion cervicale inferius, das meist mit dem ersten thorakalen Ganglion verschmilzt, dann recht groß ist und in diesem Fall als **Ganglion cervicothoracicum (Ganglion stellatum)** bezeichnet wird.

Das Ganglion cervicale inferius (Abb. 8.181 und 8.182) liegt ventral auf dem Köpfchen der 1. Rippe und des Processus transversus des Halswirbels C7 sowie hinter dem ersten Abschnitt der Arteria subclavia und des Ursprungs der Arteria vertebralis.

967

968

Äste des Ganglion stellatum ziehen

- durch die Rami communicantes grisei zu den Spinalnerven C7 bis Th1
- zur Arteria vertebralis, indem sie einen Plexus um die Arterie bilden
- als Nervi cardiaci inferiores zum Herzen.

Das Ganglion kann ebenso Rami communicantes albi vom thorakalen Spinalnerv Th1 und gelegentlich von Th2 erhalten.

Lymphgefäße

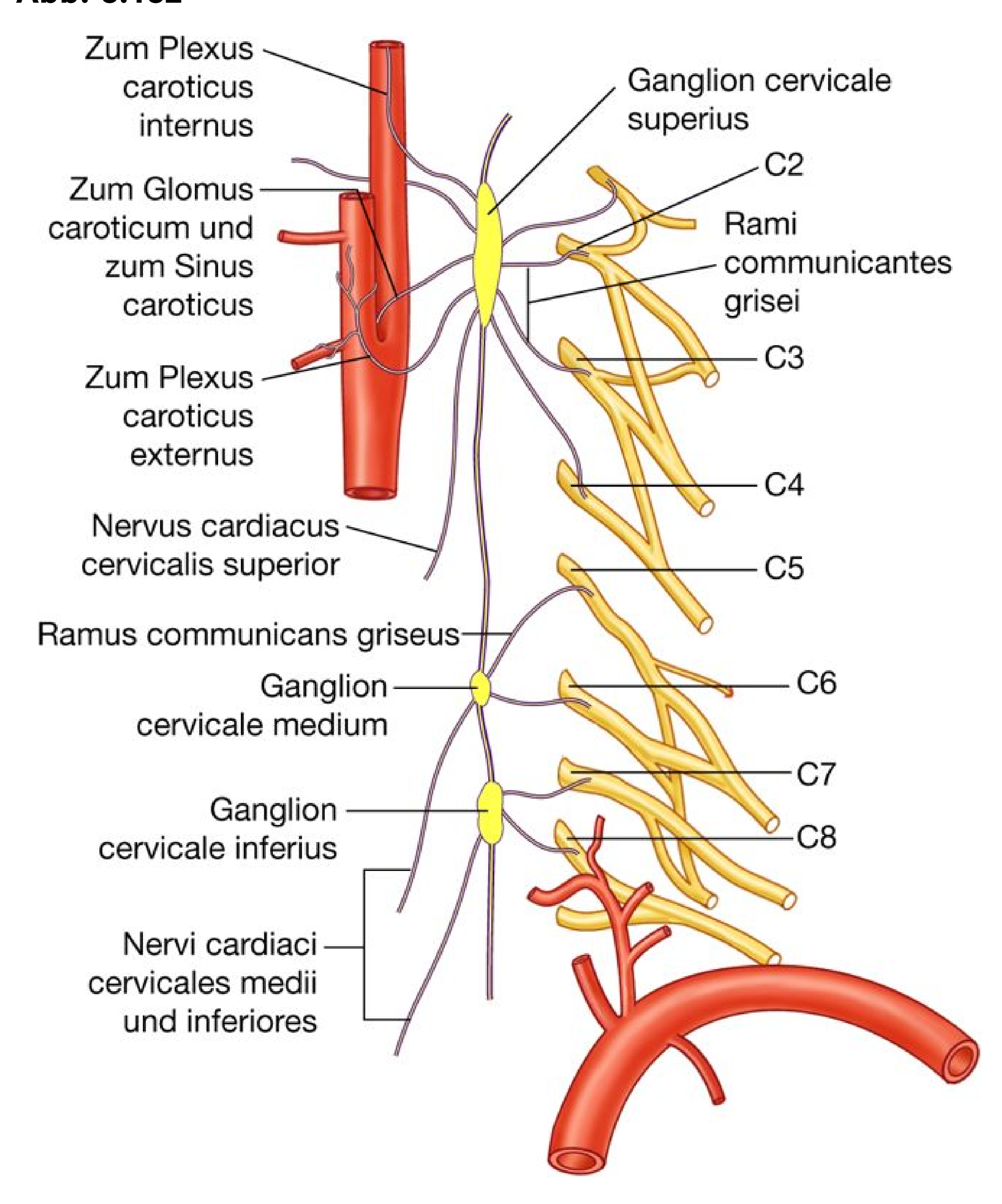
Ductus thoracicus

Der **Ductus thoracicus** ist eines der Hauptlymphgefäße des Körpers. Er ensteht im Abdomen, zieht kranialwärts durch den Thorax und mündet in Venen der Halsbasis. Der Ductus thoracicus verläuft im unteren Bereich des Thorax entlang der Mittellinie zusammen mit

- der Arteria thoracia auf seiner linken Seite
- der Vena azygos auf seiner rechten Seite
- dem Oesophagus, der ventral von ihm verläuft.

Ungefähr auf Höhe des Thorakalwirbels Th5 zieht der Ductus thoracicus nach links und setzt sich direkt links neben dem Oesophagus nach kranial fort. Er zieht durch das obere Mediastinum und tritt links neben dem Oesophagus in die Halsbasis ein (Abb. 8.183). Dort biegt er nach lateral um und verläuft bogenförmig hinter der Vagina carotica, aber vor Truncus thyrocervicalis, Nervus phrenicus und Arteria vertebralis zum linken Venenwinkel (Winkel zwischen Vena jugularis interna sinistra und Vena subclavia sinistra) und mündet von hinten in diesen ein.

Abb. 8.182



Zervikaler Teil des Grenzstrangs.

Der Ductus thoracicus mündet an der Vereinigungsstelle von Vena jugularis interna und Vena subclavia sinistra in das venöse Gefäßsystem ein. In der Nähe der Mündungstelle schließen sich ihm an:

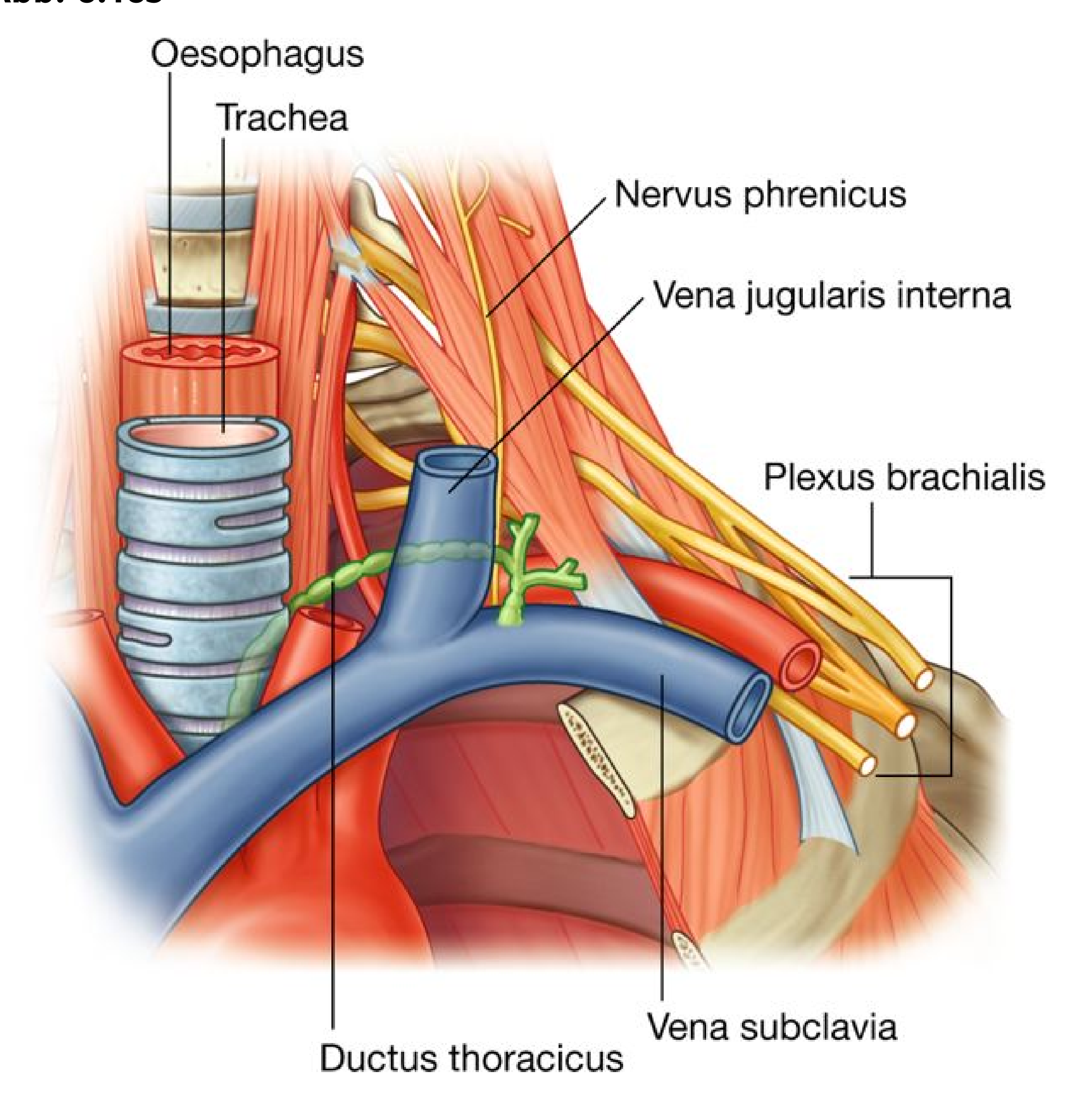
- der **Truncus jugularis sinster**, der die Lymphe von der linken Seite des Kopfes und des Halses drainiert
- der **Truncus subclavius sinister**, der die Lymphe der linken oberen Extremität drainiert

- gelegentlich der **Truncus brachiomediastinalis sinister**, der die Lymphe aus der linken Thoraxhöhle und die linksseitigen oberen Interkostalräume drainiert.

Die Einmündung der drei Trunci in das venöse System ist recht variabel. Sie können in einem einzigen Ductus lymphaticus dexter zusammenfließen oder als drei separate Trunci in das venöse System übergehen.

Lymphgefäße des Halses

Abb. 8.183



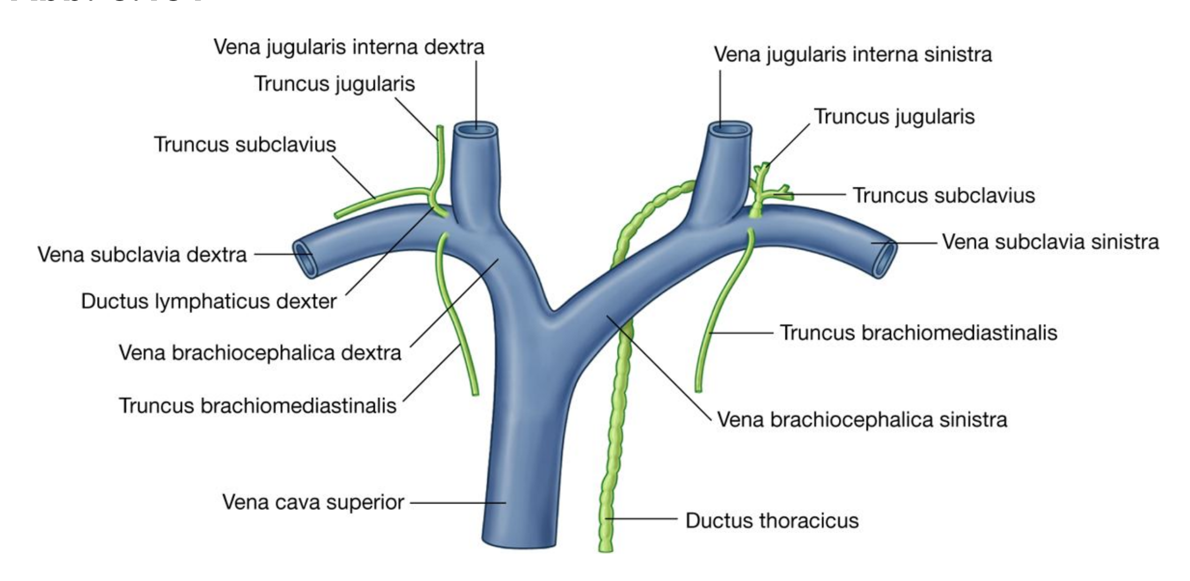
Ductus thoracicus in der Halsbasis.

Beschreibt man die Anordnung des lymphatischen Systems des Halses, so muss man gleichzeitig das lymphatische System des Kopfes betrachten. Es ist unmöglich, die beiden Regionen zu trennen. Zu den Komponenten dieses Systems gehören oberflächliche Lymphknoten im Kopfbereich, oberflächliche zervikale Lymphknoten entlang der Vena

968
969

jugularis externa sowie tiefe zervikale Lymphknoten, die eine Kette entlang der Vena jugularis interna bilden (Abb. 8.185).

Abb. 8.184



Mündungsstelle der Lymphgefäße in der Halsbasis.

Das wesentliche Drainagemuster der oberflächlichen Lymphgefäße besteht darin, dass sie zunächst in oberflächliche Lymphknoten drainieren. Die meisten Lymphgefäße drainieren auf diese Weise in oberflächliche Lymphknoten auf dem Weg zu tiefer liegenden zervikalen Knoten, es gibt aber auch Lymphgefäße, die direkt in tiefe zervikale Lymphknoten drainieren.

Nodi lymphoidei superficiales

Man unterscheidet fünf oberflächliche Lymphknotengruppen, die zirkulär um den Kopf verteilt sind. Sie sind überwiegend für den lymphatischen Abfluss aus Gesicht und Kopfschwarte verantwortlich. Ihr Abflussmuster ist dem benachbarten arteriellen Gefäßsystem sehr ähnlich.

Von dorsal beginnend sind das folgende Gruppen (Abb. 8.185):

- Die **Nodi lymphoidei occipitales** liegen in der Nähe der Ansatzstelle des Musculus trapezius am Schädel und sind mit der Arteria occipitalis assoziiert. Sie drainieren die dorsale Kopfschwarte und den dorsalen Halsbereich.
- Die **Nodi lymphoidei mastoidei (retroauriculares/auriculares posteriores)** liegen hinter der Ohrmuschel sowie nahe dem Ansatz des Musculus sternocleidomastoideus und sind mit der Arteria auricularis posterior assoziiert. Der lymphatische Abfluss erfolgt von der posterolateralen Hälfte der Kopfschwarte.
- Die **Nodi lymphoidei preauriculares** und **parotidei** liegen vor der Ohrmuschel und sind mit den Arteriae temporalis superficialis und transversa faciei assoziiert. Der Lymphabfluss erfolgt von der Vorderfläche der Ohrmuschel, der anterolateralen Kopfschwarte, der oberen Gesichtshälfte, den Augenlidern sowie von den Wangen.

- Die **Nodi lymphoidei submandibulares** liegen unterhalb des Corpus mandibulae und sind mit der Arteria facialis assoziiert. Der Lymphabfluss erfolgt über Strukturen, die entlang der Arteria facialis bis hinauf zur Stirn lokalisiert sind, sowie von Zahnfleisch, Zähnen und Zunge.
- Die **Nodi lymphoidei submentales** liegen unterhalb und etwas dorsal des Kinns. Der Lymphabfluss erfolgt vom zentralen Teil der Unterlippe, vom Kinn, vom Mundboden, von der Zungenspitze sowie von den unteren Schneidezähnen.

Der Abfluss der oberflächlichen Lymphknoten erfolgt in verschiedene Richtungen:

- von den Nodi lymphoidei occipitales und mastoidei in die Nodi lymphatici superficiales entlang der Vena jugularis externa
- von den Nodi lymphoidei preauriculares, parotidei, submandibulares und submentales in die Nodi lymphatici cervicales profundi.

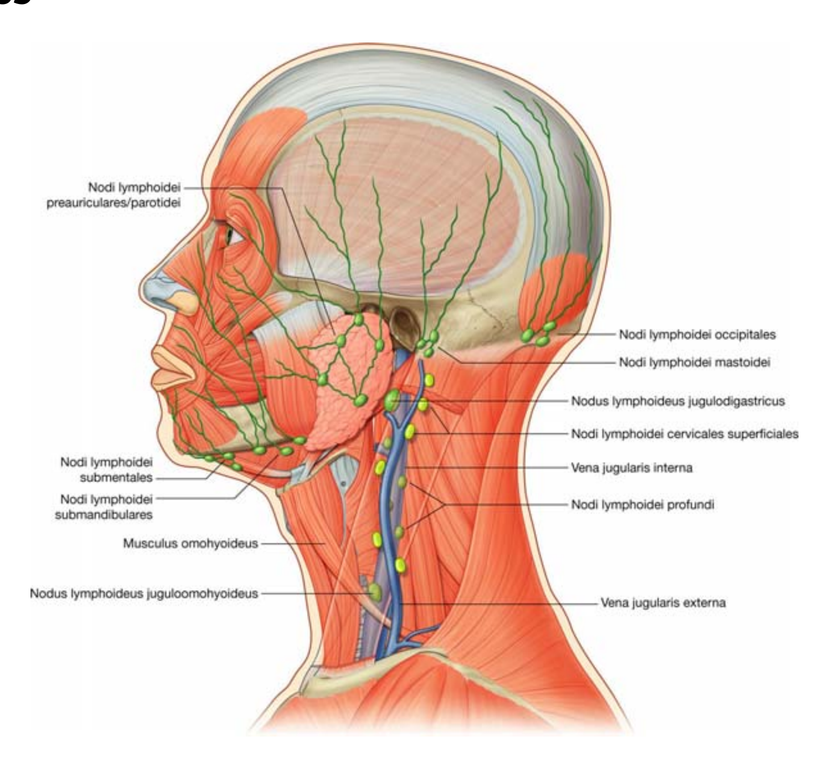
Nodi lymphoidei cervicales superficiales

Die **Nodi lymphoidei cervicales superficiales** sind eine Ansammlung von Lymphknoten entlang der Vena jugularis externa auf der Oberfläche des Musculus sternocleidomastoideus (Abb. 8.186). Sie nehmen die Lymphe von den Nodi lymphoidei occipitales und mastoidei auf und sind damit primär für den Lymphabfluss der hinteren und dorsolateralen Regionen der Kopfschwarte verantwortlich. Die Nodi lymphoidei cervicales superficiales drainieren in die tiefer liegenden zervikalen Lymphknoten.

969

970

Abb. 8.185



Lymphatisches System des Halses.

Nodi lymphoidei cervicales profundi

Die **Nodi lymphoidei cervicales profundi** sind eine Ansammlung von Lymphknoten entlang der Vena jugularis interna (Abb. 8.186). Durch die Zwischensehne des Musculus omohyoideus an der Arteria carotis communis und der Vena jugularis interna werden sie in eine obere und untere Gruppe geteilt.

Der am weitesten kranial liegende Lymphknoten der tiefen Halslymphknoten ist der **Nodus lymphoideus jugulodigastricus** (Abb. 8.186). Der recht große Lymphknoten drainiert die Lymphe aus den Tonsillen und dem umgebenden Gebiet. Er befindet sich an der Kreuzungsstelle von Venter posterior musculi digastrici und Vena jugularis interna.

Ein weiterer großer Lymphknoten, der aufgrund seiner Lage direkt kaudal von der Sehne des Musculus omohyoideus ebenfalls zur unteren Gruppe der tiefen Halslymphknoten gezählt wird, ist der **Nodus lymphoideus juguloomohyoideus** (Abb. 8.186). Er drainiert die Lymphe aus der Zunge.

Die tiefen Halslymphknoten drainieren die gesamte Lymphe des Kopfes und des Halses entweder durch direkte Zuflüsse oder durch vorgeschaltete Kopf-und Halslymphknoten und Lymphknotengruppen.

Aus den von den tiefen Halslymphknoten entspringenden Lymphgefäßen (Vasa efferentia) gehen die Trunci jugulares dexter und sinister hervor, die auf der rechten Seite in den Ductus lymphaticus dexter und auf der linken Seite in den Ductus thoracicus einmünden.

970

971

Klinik

Lymphabfluss aus Kopf und Hals unter klinischen Gesichtpunkten

Eine Vergrößerung mehrerer Halslymphknoten (zervikale Lymphadenopathie) ist häufig Ausdruck von Krankheitsprozessen, die sich im Kopf oder Hals abspielen. Sie kann aber auch Ausdruck diffuser Krankheitsvorgänge des gesamten Körpers sein, zu denen Lymphome, die Sarkoidose oder bestimmte Virusinfektionen, wie Pfeiffer-Drüsenfieber oder HIV-Infektionen, gehören.

Bei der Bestimmung der Art und Ätiologie des primären Krankheitsprozesses, der die Vergrößerung der Lymphknoten verursacht hat, ist die Beurteilung des Halslymphknotenstatus extrem wichtig.

Zur klinischen Beurteilung gehört die Einschätzung des allgemeinen Gesundheitsstatus mit besonderer Beachtung der Symptome an Kopf und Hals. Die Untersuchung der Lymphknoten gibt oft einen klinischen Hinweis auf die Art des pathologischen Prozesses:

- Druckelastische und druckschmerzhafte Lymphknoten deuten auf einen akuten Entzündungsprozess, der wahrscheinlich auf einer Infektion beruht.

- Harte, nicht druckschmerzhafte Lymphknoten deuten auf einen Tumor hin, z.B. eine Tumormetastase (Primärtumorsuche).
- Feste, multinoduläre, große, gummiartige Knoten deuten häufig auf ein Lymphom hin.

Die Untersuchung sollte ebenso eine sorgfältige Beurteilung sämtlicher anderer Lymphknotenregionen beinhalten, einschließlich der Fossae supraclaviculares, der Axillae, des Retroperitoneums sowie der Leistenregionen.

Zur weiteren Befundabklärung können eine Endoskopie des Verdauungstrakts, eine Thorax-Röntgenaufnahme oder eine Ganzkörper-CT gehören.

Die meisten Halslymphknoten sind gut tastbar und zur Biopsie geeignet, um eine histologische Gewebe-diagnose durch den Pathologen anfertigen zu können. Mittels Ultraschall können Lymphknotenbiopsien relativ sicher durchgeführt werden.

Der Lymphabfluss des Halses ist aus klinischer Sicht recht kompliziert. Bei der Beurteilung der Ausbreitung eines Halslymphknotenbefalls bei Kopf-und Halstumoren wurde eine relativ einfache Einteilung des Halslymphknotenbefalls entwickelt, die äußerst hilfreich ist. Sobald der Lymphknotenbefall und die Größe der Lymphknoten ermittelt sind (Staging), kann die beste Therapieform eingeleitet werden. Dazu können chirurgische Eingriffe, Radiotherapie und Chemotherapie gehören. Die Kenntnis des Ausbreitungsgebiets der befallenen Lymphknoten erleichtert außerdem eine Aussage zur Einschätzung der Prognose. Der gesamte Hals wird hierzu in verschiedene Level (Zonen) eingeteilt (nach der Klassifikation der American Academy of Otolaryngology, Head and Neck Surgery):

- Level 1: von der Mittellinie über das Trigonum submentale bis zum Hinterrand der Glandula submandibularis und bis zum Os hyoideum (Nodi lymphoidei submandibulares, Nodi lymphoidei submentales)
- Level 2: von der Schädelbasis bis zum Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus auf Höhe des Os hyoideum, dorsal bis zum Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus, umfasst die Lymphknoten entlang der Vena jugularis interna in dem Gebiet (Nodi lymphoidei profundi superiores, Nodi lymphoidei mastoidei, Nodus lymphoideus jugulodigastricus)
- Level 3: Fortsetzung unterhalb Level 2 entlang der Vorderkante des Musculus sternocleidomastoideus von der Ebene Oberrand der Schildknorpelplatte kaudal bis zur Kreuzungsstelle der Zwischensehne des Musculus omohyoideus über die Karotisscheide, dorsal bis in das laterale Halsdreieck; ventral die Lymphknoten entlang der Vena jugularis interna in dem Gebiet umfassend (Nodi lymphoidei profundi inferiores)
- Level 4: Fortsetzung unterhalb Level 3 bis zur Clavicula, ventral die Lymphknoten entlang der Vena jugularis interna in dem Gebiet umfassend, dorsal

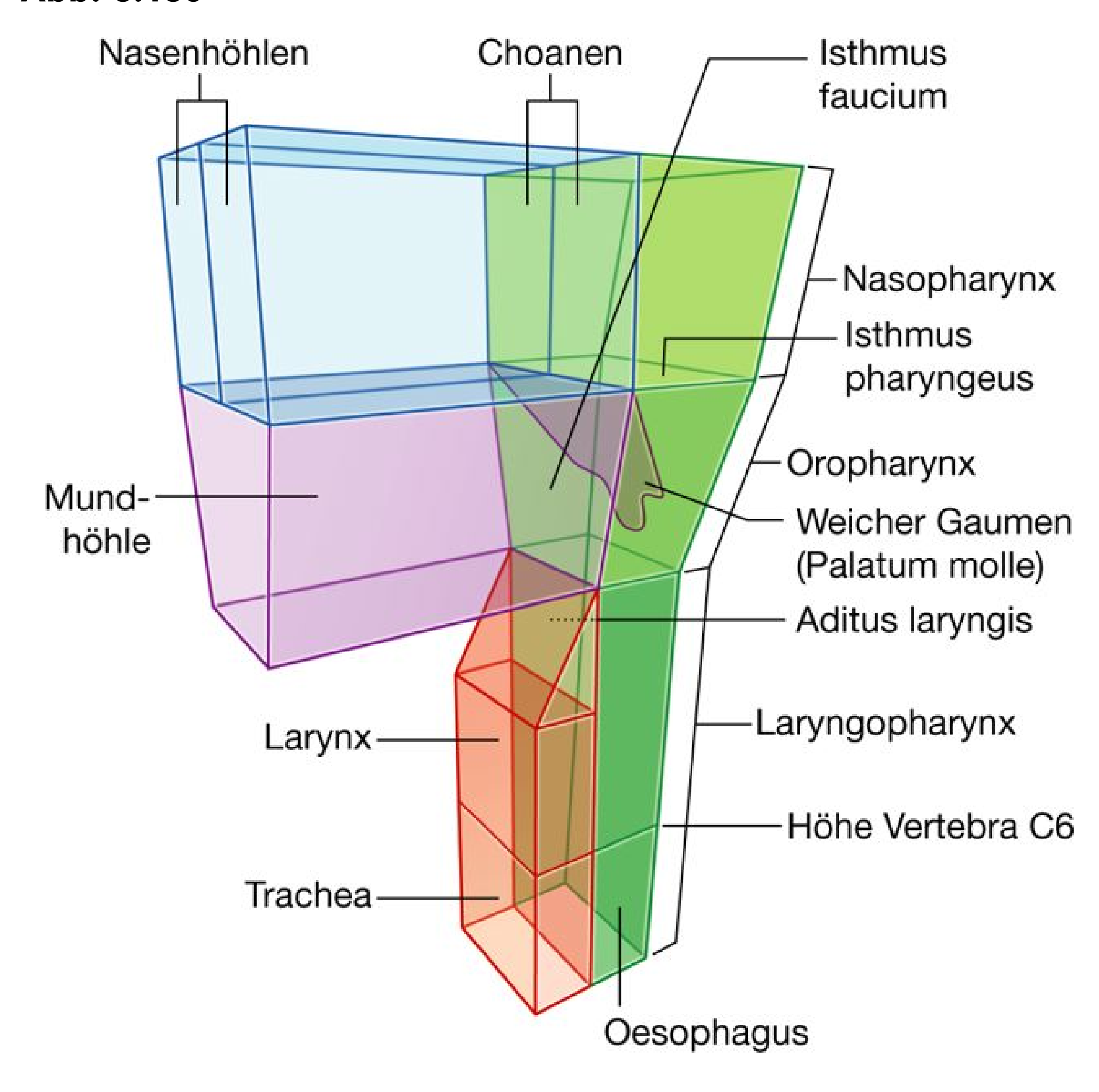
bis zum Ansatz des Vorderrandes des Musculus trapezius an der Clavicula (Nodi lymphoidei profundi inferiores)

- Level 5: dorsal der Level 2, 3 und 4, den größten Teil des lateralen Halsdreiecks sowie bis zum Acromion (Nodi lymphoidei superficiales, Nodi lymphoidei supraclaviculares)
- Level 6: unterhalb des Os hyoideum und oberhalb der Incisura jugularis entlang der Mittellinie und ventral der Level 2, 3 und 4 (Nodi lymphoidei juguloomohyoidei, Nodi lymphoidei prelaryngei, Nodi lymphoidei thyroidei, Nodi lymphoidei paratracheales, Nodi lymphoidei pretracheales)
- Level 7: unterhalb der Incisura jugularis die Mohrenheim-Grube (Nodi lymphoidei infraclaviculares).

971

972

Abb. 8.186



Pharynx.

PHARYNX

Der Pharynx (Rachen; Schlund) ist ein muskulofaszialer Halbzylinder, der die Mund-und Nasenhöhlen des Kopfes mit dem Larynx und Oesophagus des Halses verbindet (Abb. 8.186). Der Pharynx ist der normale Durchgang sowohl für Luft als auch für Nahrung.

Kranial ist der Pharynx an der Schädelbasis befestigt und setzt sich nach kaudal, ungefähr auf Höhe des 6. Halswirbels, in den Anfangsteil des Oesophagus fort. Die Wände des Pharynx sind vorn an den Rändern der Nasenhöhlen, an der Mundhöhle sowie am Larynx befestigt. Aufgrund seiner Lagebeziehung wird der Pharynx in drei Abschnitte eingeteilt, in den Nasopharynx (Epipharynx), in den Oropharynx (Mesopharynx) und in den Laryngopharynx (Hypopharynx):

- Die hinteren Öffnungen der Nasenhöhlen (Choanen) gehen in den Nasopharynx über.
- Die hintere Öffnung der Mundhöhle (Isthmus faucium) geht in den Oropharynx über.
- Die obere Öffnung des Larynx (Aditus laryngis – Kehlkopfeingang) ist die Grenze zum Laryngopharynx.

Neben diesen Öffnungen steht der Pharynx an seiner Vorderseite mit dem Zungengrund und der Hinterfläche des Larynx in Kontakt. Die Tubae auditivae münden in die lateralen Wände des Nasopharynx ein.

Die Tonsillae linguales, pharyngeae und palatinae haben ebenfalls alle topographische Beziehung zum Pharynx.

Der Pharynx ist von der Wirbelsäule durch das Spatium retropharyngeum getrennt, in dem sich lockeres Bindegewebe befindet.

Obwohl der weiche Gaumen normalerweise als Teil des Mundhöhlendachs gilt, ist er auch Teil des Pharynx. Der weiche Gaumen (Palatum molle) ist mit am Hinterrand des harten Gaumens (Palatum durum) befestigt. Er ist eine Art „flatterndes Segel“, das durch Muskeln gespannt wird, und kann

- nach oben schwenken, um den Isthmus faucium zu verschließen und den Nasopharynx vom Oropharynx zu trennen
- nach unten schwenken, um den Isthmus faucium zu verengen und so die Mundhöhle vom Oropharynx zu trennen.

Skelettsystem

Die oberen und vorderen Begrenzungen der muskulären Pharynxwand sind an Knochen, Knorpeln und Bändern fixiert. Dorsal sind die beiden Hälften der Pharynxwand in der Mittellinie durch ein vertikal ausgerichtetes, strickartiges Band, die Raphe pharyngis, miteinander verbunden. Die Raphe pharyngis zieht vom Tuberculum pharyngeum an der Schädelbasis bis auf Höhe des 6. Halswirbels (C6) hinunter. Hier verschmilzt die Raphe pharyngis mit dem Bindegewebe der Hinterwand des Oesophagus.

Die Muskulatur des Pharynx ist an der Schädelbasis über eine ungleichmäßige, C-förmige Linie befestigt (Abb. 8.187). Der offene Teil des C liegt den Nasenhöhlen gegenüber. Direkt unterhalb der knorpeligen (elastischer Knorpel) Mündung der Tuba auditiva beginnen die Arme des C jeweils am hinteren Rand der Lamina medialis processus pterygoidei des Os sphenoidale. Die Linie kreuzt kaudal der Tuba auditiva über die Pars petrosa ossis temporalis. Direkt medial von dieser Stelle ist der Knochen für den Ansatz des Musculus levator veli palatini etwas angeraut. Von hier führt die Linie medial zum Os occipitale und vereinigt sich mit der Linie der Gegenseite am Tuberculum pharyngeum.

Anteriore, vertikale Befestigungslinie für die Seitenwände des Pharynx

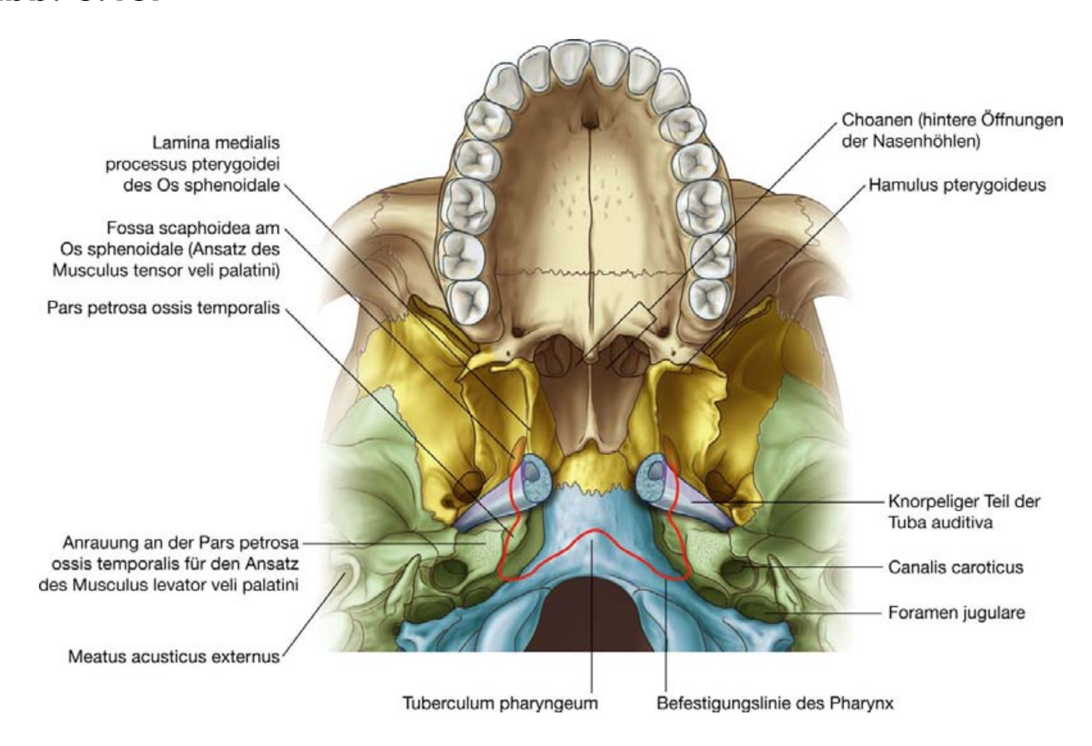
Die vertikale Befestigungslinie der seitlichen Pharynxwände an Strukturen, zu denen die Nasenhöhlen, die Mundhöhle und der Larynx gehören, ist unvollständig und in drei Abschnitte geteilt (Abb. 8.188).

Erster Abschnitt

Die vordere Befestigungslinie der lateralen Pharynxwände beginnt auf jeder Seite oben am Hinterrand der Lamina medialis processus pterygoidei des Os sphenoidale direkt unterhalb der Stelle, an der die Tuba auditiva an die Lamina medialis grenzt. Sie setzt sich am Rand der Lamina medialis processus pterygoidei bis zum Hamulus pterygoideus nach kaudal fort. Von diesem Punkt führt die Linie entlang der Raphe pterygomandibularis bis zur Mandibula hinunter und endet hier als erster Abschnitt.

972
973

Abb. 8.187



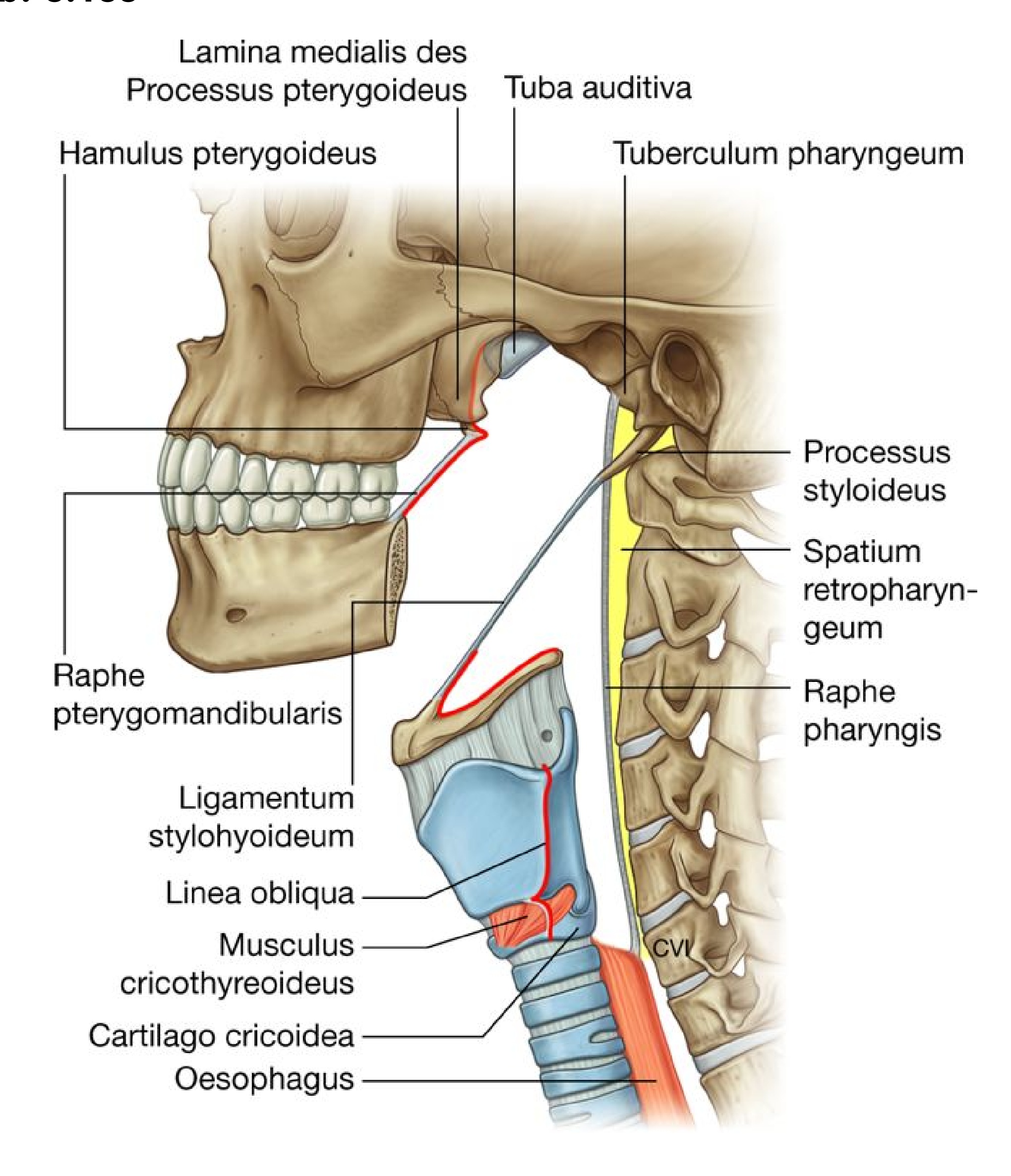
Befestigungslinie des Pharynx an der Schädelbasis.

Die **Raphe pterygomandibularis** ist ein gerades, seilartiges Band, das sich zwischen der Spitze des Hamulus pterygoideus und der dreieckigen Anrauung direkt dorsal des dritten Molaren an der Mandibula erstreckt. Sie verbindet den oberen Schlundschnürer (Musculus constrictor pharyngis superior) mit einem Muskel der lateralen Mundhöhlenwand (Musculus buccinator).

Zweiter Abschnitt

Der zweite Abschnitt der Befestigungslinie der lateralen Rachenwand gehört zum Os hyoideum. Er beginnt am unteren Teil des Ligamentum stylohyoideum, das die Spitze des Processus styloideus des Os temporale mit dem Cornu minus des Os hyoideum verbindet. Die Linie setzt sich bis zum Cornu minus fort, macht kehrt und zieht entlang der gesamten Oberfläche des Cornu majus des Os hyoideum in dorsaler Richtung, um hier schließlich zu enden.

Abb. 8.188



Befestigungen der lateralen Rachenwand.

Dritter Abschnitt

Der am weitesten kaudal liegende, dritte Abschnitt der Befestigungslinie der lateralen Rachenwand beginnt kranial am Tuberculum thyroideum superius der Cartilago thyroidea 973
974
und zieht entlang der Linea obliqua hinunter bis zum Tuberculum thyroideum inferius. Vom Tuberculum thyroideum inferius führt die Befestigungslinie entlang einer sehnigen Faszienverdickung über den Musculus cricothyroideus hinweg bis zur Cartilago cricoidea und endet hier.

Rachenwand

Die Rachenwand wird sowohl von Skelettmuskulatur als auch von einer Faszie gebildet. Spalten zwischen den Muskeln werden faszial verstärkt und bieten verschiedenen Strukturen Durchlass durch die Wand.

Muskulatur

Die Pharynxmuskulatur wird je nach Richtung der Fasern in zwei Gruppen geteilt.

Die Fasern der Schlundschnürer sind kreisförmig zur Pharynxwand angeordnet; die Fasern der Schlundheber sind vertikal angeordnet.

Schlundschnürer

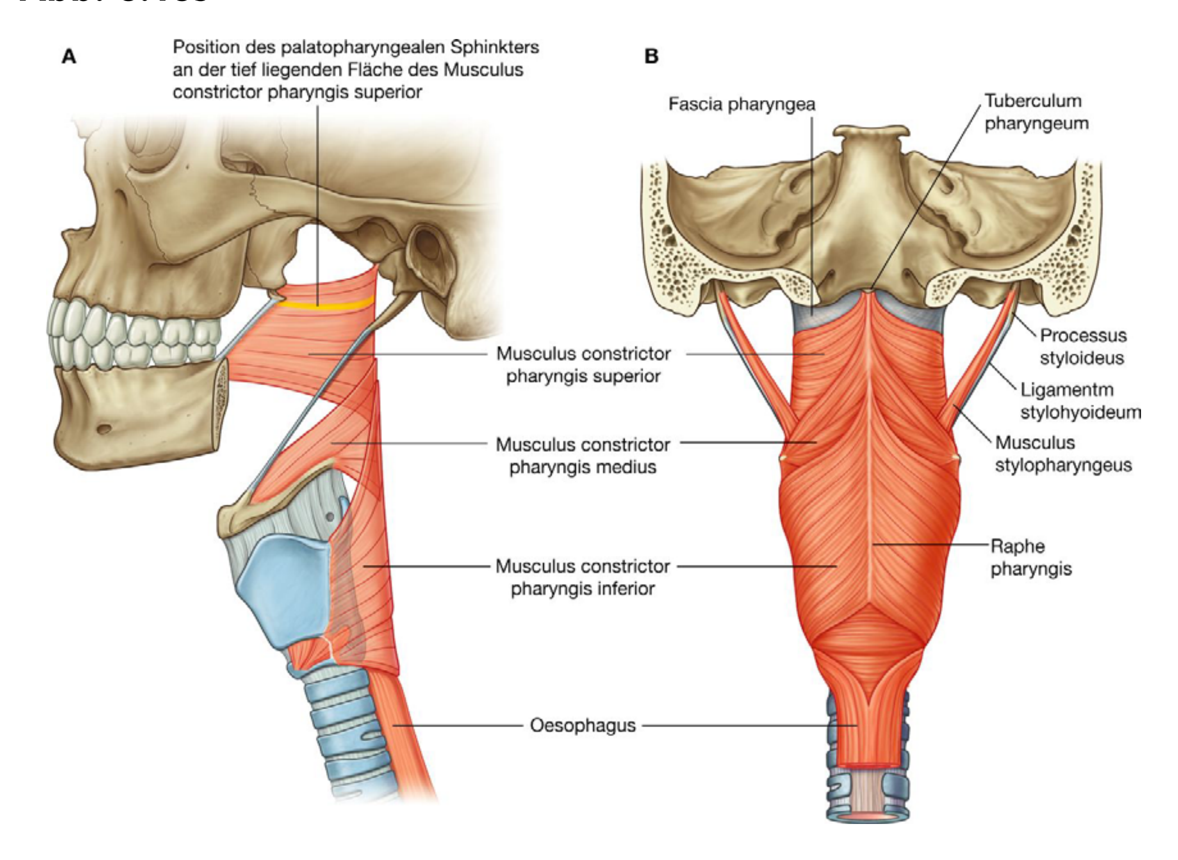
Die drei Schlundschnürer jeder Seite tragen hauptsächlich zur Struktur der Rachenwand bei (Abb. 8.189 und Tab. 8.17). Ihre Namen deuten auf ihre Position hin – Musculi constrictores pharyngis superior, medius und inferior. An der Hinterseite sind die Muskeln beider Seiten an der Raphe pharyngis fixiert. An der Vorderseite setzen sie an Knochen und Bändern der lateralen Nasen-und Mundhöhlenöffnung sowie am Kehlkopf an.

Die Schlundschnürer überlappen sich ähnlich wie die Wände von drei ineinandergesteckten Blumentöpfen. Der Musculus constrictor pharyngis inferior überlappt den Unterrand des Musculus constrictor pharyngis medius, und der Musculus constrictor pharyngis medius überlappt den Unterrand des Musculus constrictor pharyngis superior.

Bei Kontraktion verengen die Schlundschnürer die Rachenhöhle und ziehen sie zusammen.

Wenn beispielsweise beim Schlucken die Schlundschnürer von oben nach unten wellenförmig kontrahieren, bewegen sie den Speisebrei durch den Pharynx in den Oesophagus.

Abb. 8.189



Schlundschnürer des Pharynx. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von hinten.

Alle Schlundschnürer werden durch Äste des Plexus pharyngeus innerviert. (Der Plexus pharygeus besteht aus Ästen des Nervus glossopharyngeus [IX] und Nervus vagus [X].) Der Musculus constrictor pharyngis inferior wird zusätzlich über den Nervus laryngeus superior (Ast des Nervus vagus [X]) innerviert.

974

975

Tab. 8.17 Schlundschnürer des Pharynx

Muskel	Posteriorer Ansatz	Anteriorer Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus constrictor pharyngis superior	Raphe pharyngis	Raphe pterygomandibularis und dazugehöriger Knochen an der Mandibula und am Hamulus pterygoideus	Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX])	Verengung des Rachens
Musculus constrictor pharyngis medius	Raphe pharyngis	Oberrand des Cornu majus ossis hyoidei und die angrenzenden Ränder des Cornu minus sowie des Ligamentum stylohyoideum	Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX] und Nervus vagus [X])	Verengung des Rachens
Musculus constrictor pharyngis inferior	Raphe pharyngis	Cartilago cricoidea, Linea obliqua der Cartilago thyroidea, Ligamentum stylohyoideum (kreuzt den Musculus cricothyroideus)	Plexus pharyngeus (Nervus vagus [X] und Nervus laryngeus superior)	Verengung des Rachens

Musculus constrictor pharyngis superior

Die Musculi constrictores pharyngis superiores stützen den oberen Teil des Pharynxraums (Abb. 8.189). Jeder Muskel besteht aus mehreren Anteilen (Pars pterygopharyngea, Pars buccopharyngea, Pars mylopharyngea, Pars glossopharyngea) und ist an den Vorderseiten dieser Anteile am Hamulus pterygoideus, an der Raphe pterygomandibularis, am angrenzenden Knochen der Mandibula sowie an der Zunge befestigt. Von den Ursprungsstellen breitet sich der Muskel fächerförmig nach dorsal aus und trifft an der Raphe pharyngis auf sein Pendant der Gegenseite.

Ein besonderer Muskelsphinkter (der **Musculus palatopharyngeus)** entspringt an der anterolateralen Fläche des weichen Gaumens und umgibt die Innenseite der Rachenwand, indem er sich dem inneren Teil des Musculus constrictor pharyngis superior anlegt.

Wenn der Musculus constrictor pharyngis superior während des Schluckvorgangs kontrahiert, bildet er einen deutlichen Wulst an der seitlichen Rachenwand (Passavant-Ringwulst), der an den Rand des ebenfalls angehobenen weichen Gaumens angrenzt, sodass der Nasopharynx vom Oropharynx luftdicht abgeschlossen wird.

Musculus constrictor pharyngis medius

Der Musculus constrictor pharyngus medius besteht aus zwei Anteilen (Pars chondropharyngea und Pars ceratopharyngea) und ist damit am unteren Teil des Ligamentum stylohyoideum, am Cornu minus ossis hyoidei und an der gesamten Oberfläche des Cornu majus ossis hyoidei befestigt (Abb. 8.189).

Vergleichbar dem Musculus constrictor pharyngis superior spannt sich der Musculus constrictor pharyngis medius fächerförmig in dorsaler Richtung aus und setzt an der Raphe pharyngis an. Der dorsale Teil des Musculus constrictor pharyngis medius überlappt den Musculus constrictor pharyngis superior.

Musculus constrictor pharyngis inferior

Der Musculus constrictor pharyngis inferior besteht aus zwei Anteilen (Pars thyropharyngea und Pars cricopharyngea) und ist damit an der Linea obliqua der Cartilago thyroidea, der Cartilago cricoidea und am Ligamentum stylohyoideum befestigt (Abb 8.189).

Vergleichbar den anderen beiden Schlundschnürern breitet sich der Musculus constrictor pharyngis inferior nach hinten aus und setzt an der Raphe pharyngis an.

Der dorsale Anteil des Muskels überlappt den Musculus constrictor pharyngis medius. Kaudal legt er sich der Wand des Oesophagus an und setzt dort an.

Die Abschnitte des Musculus constrictor pharyngis inferior, die an der Cartilago cricoidea befestigt sind, bilden den engsten Abschnitt der Rachenhöhle.

Schlundheber

Die drei Schlundheber der Rachenwand (Abb. 8.190 und Tab. 8.18) werden entsprechend ihrem Ursprung benannt – der Musculus stylopharyngeus entspringt am Processus styloideus des Os temporale, der Musculus salpingopharyngeus entspringt an der Pars cartilaginea der Tuba auditiva (Salpinx kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Trompete“), und der Musculus palatopharyngeus entspringt am Palatum molle. Die Muskeln verlaufen von ihren Ursprüngen kaudalwärts und setzten an der Rachenwand an.

Die Schlundheber des Pharynx heben die Rachenwand an oder ziehen sie während des Schluckvorgangs kranialwärts über den Speisebrei, sodass dieser bei Mitkontraktion der Schlundschnürer durch den Pharynx in den Oesophagus gleitet.

975

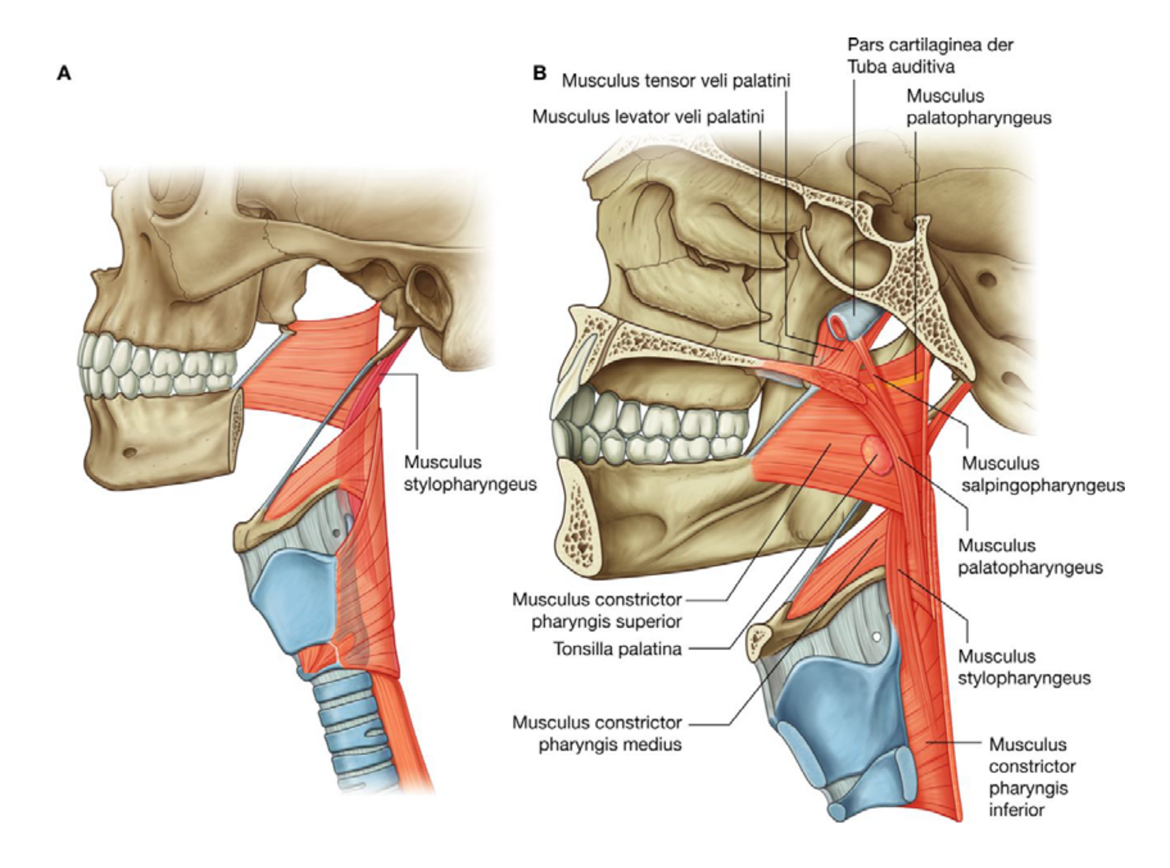
976

Musculus stylopharyngeus

Der zylindrische Musculus stylopharyngeus (Abb. 8.190A) entspringt an der Basis der medialen Fläche des Processus styloideus ossis temporalis. Er zieht zwischen den Musculi constrictores pharyngis superior und medius nach kaudal und verbreitert sich an

der hinteren Rachenwand, an der er auch ansetzt. Er wird vom Nervus glossopharyngeus [IX] innerviert.

Abb. 8.190



Schlundheber des Pharynx. **A**. Musculus stylopharyngeus. **B**. Ansicht von medial.

Tab. 8.18 Longitudinale Muskulatur des Pharynx

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus stylopharyngeus	Mediale Seite der Basis des Processus styloideus	Rachenwand	Nervus glossopharyngeus [IX]	Heben von Pharynx und Kehlkopf, Erweiterung des Pharynx
Musculus salpingopharyngeus	Inferiorer Teil des pharyngealen Endes der Tuba auditiva	Rachenwand	Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX])	Heben des Pharynx, Erweiterung der Tuba auditiva
Musculus palatopharyngeus	Oberfläche der Aponeurosis palatina	Rachenwand	Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX])	Heben und Verkürzung des Pharynx, Verengen des Isthmus faucium, Verlagerung des Kehlkopfes nach vorn und oben

Musculus salpingopharyngeus

Der Musculus salpingopharyngeus (Abb. 8.190B) ist ein kleiner Muskel, der im Mündungsbereich der Tuba auditiva in den Nasopharynx und hier am Tubenknorpel entspringt. Er verläuft kaudalwärts und legt sich der hinteren Rachenwand an. Er wird durch den Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX]) innerviert. Außerdem bildet er die muskuläre Grundlage der Plica salpingopharyngea.

976
977

Musculus palatopharyngeus

Der Musculus palatopharyngeus (Abb. 8.190B) ist nicht nur Muskel des Pharynx, sondern auch des weichen Gaumens. Er entspringt an der Oberseite der Aponeurosis palatina und zieht nach dorsal und kaudal, um an der hinteren Rachenwand zu inserieren.

Der Musculus palatopharyngeus bildet die muskuläre Grundlage des hinteren Gaumenbogens, **Arcus palatopharyngeus**. Der hintere Gaumenbogen ist beim Blick durch die Mundhöhle auf den Pharynx gut sichtbar und dient als Landmarke zum Auffinden der Gaumenmandel, **Tonsilla palatina**, die direkt zwischen vorderem und hinterem Gaumenbogen liegt.

Der Musculus palatopharyngeus hebt den Pharynx und verengt den Isthmus faucium, indem er den weichen Gaumen senkt und den Arcus palatopharyngeus nach medial zieht.

Er wird durch den Plexus pharyngeus (Nervus glossopharyngeus [IX]) innerviert.

Faszie

Die Fascia pharyngea wird in zwei Schichten eingeteilt, die die Rachenmuskulatur zwischen sich einschließen:

- Eine dünne Schicht **(Fascia buccopharyngea)** bedeckt die Außenseite der muskulären Pharynxwand, sie gehört zur allgemeinen Organfaszie.
- Eine etwas dickere Schicht **(Fascia pharyngobasilaris)** bedeckt die Innenseite der Muskulatur.

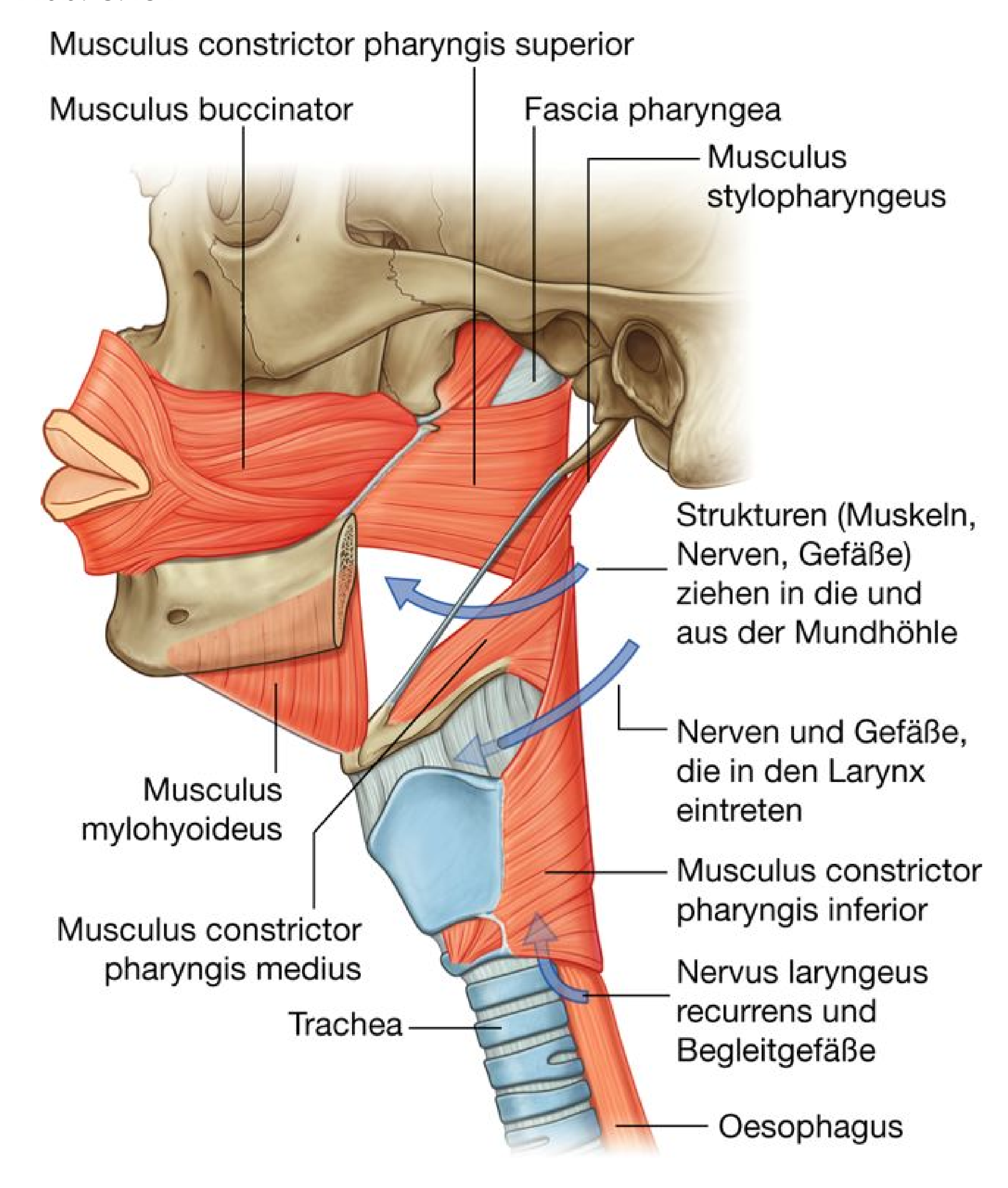
Die Faszie verstärkt die Rachenwand besonders dort, wo die Muskulatur lückenhaft ist. Dies ist vorwiegend oberhalb des Musculus constrictor pharyngis superior der Fall, da hier die Rachenwand fast vollständig aus Faszie besteht (Abb. 8.190). Dieser muskelschwache Wandabschnitt wird von außen durch Muskeln des weichen Gaumens verstärkt (Musculus tensor veli palatini und Musculus levator veli palatini).

Lücken in der Muskulatur der Rachenwand

Lücken zwischen den Muskeln der Rachenwand bieten wichtige Durchtrittsstellen für weitere Muskeln sowie Gefäße und Nerven (Abb. 8.191).

Am Oberrand des Musculus constrictor pharyngis superior befinden sich Muskellücken in der Rachenwand, die durch die pharyngeale Faszie (Fascia buccopharyngea und Fascia pharyngobasilaris) verschlossen werden.

Abb. 8.191



Lücken in der Muskulatur der Rachenwand.

Die Musculi tensor und levator veli palatini des weichen Gaumens ziehen anfänglich von der Schädelbasis abwärts und befinden sich dorsolateral der Fascia pharyngea. An dieser Stelle verstärken sie die Rachenwand:

- Der Musculus levator veli palatini tritt unterhalb der Tuba auditiva durch die Fascia pharyngobasilaris zum weichen Gaumen.
- Die Sehne des Musculus tensor veli palatini biegt medial um den Hamulus pterygoideus und zieht durch den Ursprungsbereich des Musculus buccinator zum weichen Gaumen.

Strukturen, die durch die Lücken ziehen

Eine der größten und wichtigsten Öffnungen der Rachenwand befindet sich zwischen den Musculi constrictores pharyngis superior und medius des Pharynx und dem Hinterrand des Musculus mylohyoideus, der den Mundhöhlenboden bildet (Abb. 8.191). Die dreieckige Spalte ermöglicht nicht nur den Durchtritt des Musculus stylopharyngeus durch die Rachenwand, sondern erlaubt auch anderen Muskeln, Nerven und Gefäßen, von den Regionen seitlich der Rachenwand in die Mundhöhle und insbesondere zur Zunge zu ziehen.

Durch die Lücke zwischen den Musculi constrictores pharyngis medius und inferior ziehen Gefäße und Nerve zum Kehlkopfinneren. Um in den Larynx zu gelangen, müssen sie allerdings die Membrana thyroidea durchbrechen.

977

978

Die Nervi laryngei recurrentes und die dazugehörigen unteren Kehlkopfgefäße gelangen hinter dem Cornu minus ossis hyoidei und tief unter dem Unterrand des Musculus constrictor pharyngis inferior in den Kehlkopf.

Nasopharynx

Der Nasopharynx beginnt hinter den Choanen der Nasenhöhlen und oberhalb des weichen Gaumens (Abb. 8.192). Sein Dach wird von der gewölbten Schädelbasis gebildet und besteht aus dem dorsalen Anteil des Corpus ossis sphenoidalis und dem basalen Anteil des Os occipitale. Das Dach und die lateralen Wände des Nasopharynx bilden ein kuppelartiges Gewölbe an der Spitze des Rachen, das einen offenen Raum darstellt.

Die Nasopharynxhöhle geht kaudal am Isthmus faucium in den Oropharynx über. Der Bereich des Isthmus faucium ist an der Rachenwand durch eine Schleimhautfalte markiert, die durch einen palatopharyngealen Sphinkter, einen Teil des Musculus constrictor pharyngis superior (Passavant-Ringwulst), hervorgerufen wird.

Das Heben des weichen Gaumens und die Kontraktion des Musculus palatopharyngeus dichten den Isthmus faucium während des Schluckvorgangs ab und trennen den Nasopharynx vom Oropharynx.

In der Schleimhaut, die das Dach des Nasopharynx bedeckt, liegt eine Anreicherung lymphatischen Gewebes **(Tonsilla pharyngea)**.*Eine Vergrößerung der Tonsilla pharyngea, die auch als Rachenmandelhyperplasie, Adenoide, adenoide Vegetationen oder im Volksmund einfach als Polypen bezeichnet wird, kann den Nasopharynx und den Eingang in die Tuba auditiva verlegen, sodass die Atmung nur noch durch die Mundhöhle möglich ist und/oder das Mittelohr und die Cellulae mastoideae nicht mehr belüftet werden.*

Die auffälligsten Merkmale an der lateralen Wand des Nasopharynx sind:

- die Öffnung der Tuba auditiva
- Erhebungen und Falten in der Schleimhaut, die das Ende der Tuba auditiva und die benachbarte Muskulatur bedecken.

Die Öffnung der Tuba auditiva liegt dorsal und etwas oberhalb der Ebene des weichen Gaumen sowie lateral der Spitze des weichen Gaumens. *Schiebt man ein Nasenendoskop durch den unteren Nasengang langsam in Richtung Nasopharyx vor, kommt man mit der Optik des Endoskops genau auf die Öffnung der Tuba auditiva zu.*

Da die Tuba auditiva den Nasopharynx aus posterolateraler Richtung erreicht, bildet ihr Hinterrand eine Wölbung oder einen Wulst an der hinteren Rachenwand.hinter dieser Wölbung **(Torus tubarius)** befindet sich eine tiefe Ausbuchtung **(Recessus pharnygeus)**.

Zu den Schleimhautfalten der Tuba auditiva gehören:

- die kleine, vertikal verlaufende **Plica salpingopharyngea**, die von der Wölbung der Tuba auditiva nach kaudal verläuft und den Musculus salpingopharyngeus überdeckt
- die breite Falte oder Wölbung (Torus levatorius), die sich direkt unterhalb der Öffnung der Tuba auditiva auftut, nach medial zur Oberfläche des weichen Gaumens zieht und den Musculus levator veli palatini bedeckt.

Oropharynx

Der Oropharynx befindet sich direkt hinter der Mundhöhle; er liegt unterhalb des weichen Gaumens und oberhalb des Oberrandes der Epiglottis (Abb. 8.192). Der vordere Gaumenbogen (Arcus palatoglossus) bildet auf jeder Seite den Übergang zwischen Mundhöhle und Oropharynx. Muskuläre Grundlage des Arcus palatoglossus ist der Musculus palatoglossus. Die bogenförmige Öffnung der beiden Arcus ist der Isthmus faucium. Direkt hinter und medial der vorderen Gaumenbögen liegen die beiden hinteren Gaumenbögen (Arcus palatopharyngei), deren muskuläre Grundlage jeweils vom Musculus palatopharyngeus gebildet wird.

Die Vorderwand des Oropharynx unterhalb des Isthmus faucium wird durch den oberen Teil des hinteren Drittels der Zunge (Zungengrund) gebildet. Der Zungengrund wird größtenteils von der Zungengrundmandel (Tonsilla lingualis) bedeckt.

Die Tonsillae palatinae (Gaumenmandeln) befinden sich an der Seitenwand des Oropharynx zwischen vorderem und hinterem Gaumenbogen (Arcus palatoglossus und Arcus palatopharyngeus). Die Gaumenmandeln sind beim Blick durch die Mundhöhle auf den Pharynx hinter dem Arcus palatoglossus sichtbar.

Wenn sich im Rahmen der Nahrungsaufnahme in der Mundhöhle Flüssigkeiten oder feste Nahrung befinden, wird der Isthmus faucium durch die Absenkung des weichen Gaumens, durch das Heben des Zungengrundes sowie durch Einwärtsbewegung der beiden Gaumenbögen

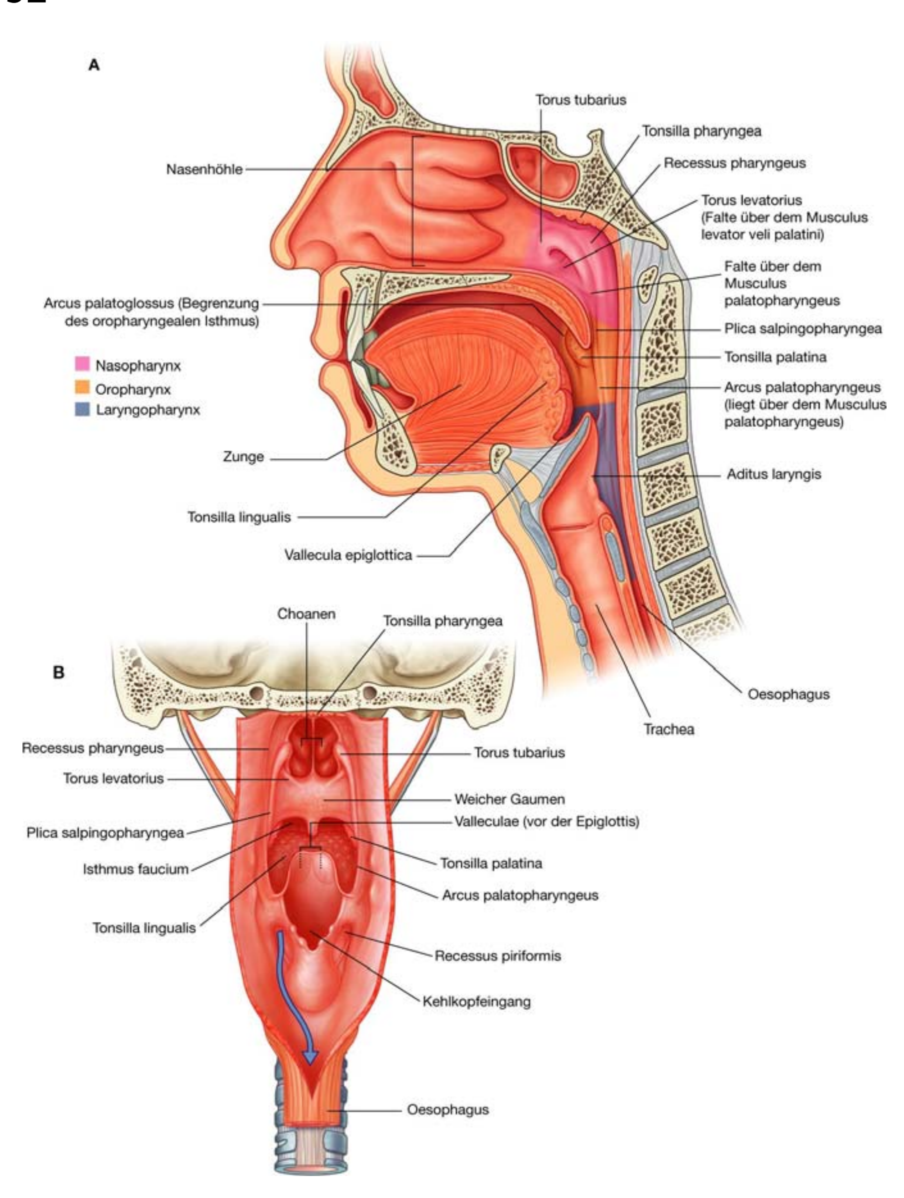
geschlossen. Dies ermöglicht das gleichzeitige Atmen durch die Nase und den Pharynx und das Kauen in der Mundhöhle.

Während des Schluckvorgangs wird der Isthmus faucium geöffnet; gleichzeitig werden der weiche Gaumen angehoben und die Verbindung zum Nasopharynx durch Kontraktion der Muskelschlinge am Musculus constrictor pharyngis superior (Passavant-Ringwulst) unterbunden. Außerdem werden der Kehlkopfeingang durch Senkung der Epiglottis geschlossen und der Speisebrei oder die Flüssigkeit so in den Oesophagus gelenkt. Da beim Schlucken der Luftweg an zwei Stellen (zwischen Naso- und Oropharynx und am Aditus laryngis) verschlossen wird, kann man beim Schlucken nicht gleichzeitig atmen. Einzige Ausnahme bilden Säuglinge. Hier reicht die Epiglottis bis in den Oropharynx, sodass die Milch direkt in den Sinus piriformis des Kehlkopf läuft und damit am geöffneten Kehlkopfeingang vorbeigelangt. So kann der Säugling gleichzeitig atmen und schlucken.

978

979

Abb. 8.192



Merkmale der Pharynxschleimhaut. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht des eröffneten Pharynx von dorsal.

979

Laryngopharynx

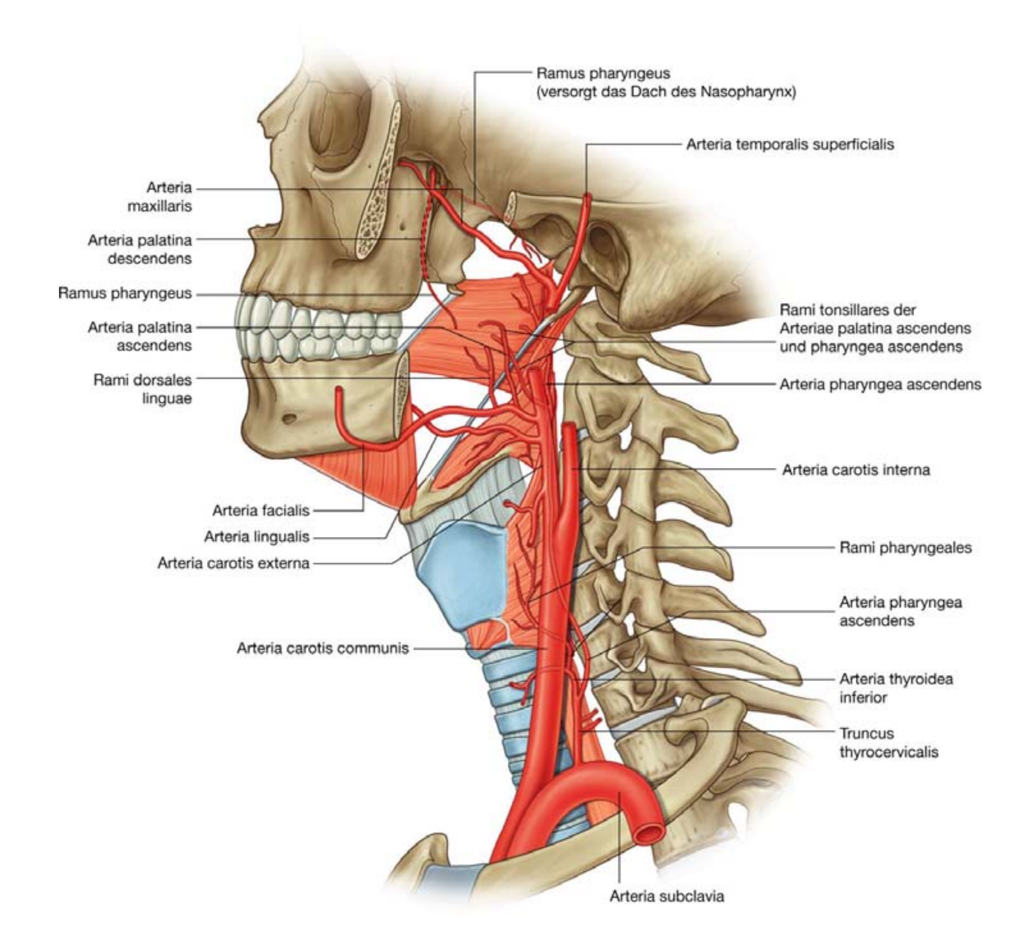
Der Laryngopharynx erstreckt sich vom Oberrand der Epiglottis bis zur Spitze des Oesophagus auf Höhe des Halswirbels C6 (Abb. 8.192).

Der Kehlkopfeingang (Aditus laryngis) befindet sich an der Vorderwand des Laryngopharynx. Unterhalb des Eingangs besteht die Vorderwand aus der Rückseite des Larynx.

Zwischen Zungenwurzel und Epiglottis befinden sich auf der Vorderseite des Laryngopharynx, beidseits der Mittellinie, zwei Vertiefungen **(Valleculae epiglotticae)**. Dabei handelt es sich um Vertiefungen zwischen einer in der Mittellinie liegenden Bindegewebsfalte (Plica glossoepiglottica mediana) und zwei lateralen bindegewebigen Falten (Plicae glossoepiglotticae laterales), die die Zunge mit der Epiglottis verbinden.

Lateral des Aditus laryngis und am Unterrand zwischen Arcus palatopharyngeus sowie Epiglottis beginnt auf beiden Seiten der **Recessus piriformis**. Die beiden Recessus piriformes verlaufen kaudalwärts und gleichzeitig auf die Mittellinie zu. Sie bilden Rinnen, die Speisebrei und Flüssigkeiten von der Mundhöhle entlang dem gehobenen Kehlkopfeingang in den Oesophagus lenken.

Abb. 8.193



Arterielle Versorgung des Pharynx.

Tonsillen

Die Eingänge in den Naso- und Oropharynx sind von Ringen aus lymphatischem Gewebe umgeben, die gemeinsam den lymphatischen Rachenring (Waldeyer-Rachenring) bilden. Die wichtigsten Anteile sind die **Tonsillen** – die unpaare Tonsilla pharyngea (Rachenmandel), die paarige Tonsilla tubaria (Tubenmandel – an der Mündung der Tuba auditiva), die sich nach kaudal als **Seitenstrang** zur paarigen Tonsilla palatina (Gaumenmandel) fortsetzt, sowie die unpaare Tonsilla lingualis (Zungengrundtonsille, Zungenmandel; Abb. 8.192):

- Die Tonsilla pharyngea befindet sich in der Mittellinie am Dach des Nasopharynx.
- Die Tonsillae tubariae sind kleine Ansammlungen lymphatischen Gewebes an der Öffnung der Tuba auditiva in den Nasopharynx.
- Die Seitenstränge sind dezente Ansammlungen lymphatischen Gewebes entlang der Schleimhaut zwischen Tubenöffnung und Gaumenmandeln. *Nach Tonsillektomie (Entfernung der Gaumenmandeln) kommt es manchmal zum „Anschwellen“/zur Entzündung der Seitenstränge – Seitenstrangangina.*
- Die Tonsillae palatinae befinden sich jeweils zwischen dem Arcus palatoglossus und dem Arcus palatopharyngeus auf jeder Seite in der Seitenwand des Oropharynx direkt hinter dem Isthmus faucium. *(Die Tonsillen sind meist schon durch den geöffneten Mund sichtbar; um besseren Einblick zu erhalten, sollte die Zunge heruntergedrückt werden.)*
- Die Tonsilla lingualis umfasst das gesamte lymphatische Gewebe am Zungengrund.

Kleine Lymphknoten kommen auch innerhalb der Tuba auditva, auf der Oberfläche des weichen Gaumens sowie in der gesamten Pharynxwand vor.

Gefäße

Arterien

Zahlreiche Gefäße versorgen die Rachenwand (Abb. 8.193).

Zu den Arterien, die den oberen Teil des Pharynx mit Blut versorgen, gehören:

- die Arteria pharyngea ascendens
- die Arteria palatina ascendens und die Rami tonsillares der Arteria facialis
- zahlreiche Äste der Arteriae maxillaris und lingualis.

Alle genannten Gefäße sind Äste der Arteria carotis externa.

Zu den Arterien, die die unteren Teile des Pharynx versorgen, gehören die Rami pharyngeales der Arteria thyroidea inferior, die aus dem Truncus thyrocervicalis der Arteria subclavia entspringen.

Die Blutversorgung der Tonsilla palatina ist aus klinischer Sicht sehr wichtig. Sie erfolgt über verschiedene Quellen:

- über **Rami dorsales linguae** aus der Arteria lingualis
- über **Rami tonsillares** aus der Arteria palatina ascendens
- über **Rami tonsillares** aus der Arteria pharyngea ascendens
- über einen **Ramus pharyngeus** aus der Artera palatina descendens.

Die sensible Innervation des Tonsillenbetts erfolgt über Rami tonsillares des Nervus glossopharyngeus sowie über Rami tonsillares der Nervi palatini minores.

Venen

Die Venen des Pharynx bilden einen Plexus, der kranial in den Plexus pterygoideus der Fossa infratemporalis und kaudal in die Vena facialis und in die Vena jugularis interna drainiert (Abb. 8.194).

Lymphgefäße

Die Lymphgefäße des Pharynx drainieren in die tiefen Halslymphknoten, zu denen die **Nodi lymhoidei retropharyngeales** (zwischen Nasopharynx und Wirbelsäule), die **Nodi lymhoidei paratracheales** und die **Nodi lymhoidei infrahyoidei** gehören (Abb. 8.194).

Die Lymphe der Tonsillae palatinae wird durch die Pharynxwand beidseits in den Nodus lymphoideus jugulodigastricus drainiert. Der Lymphknoten befindet sich in dem Bereich, in dem die Vena facialis in die Vena jugularis interna einmündet, sowie kaudal des Venter posterior musculi digastrici.

Nerven

Die motorische und der größte Teil der sensorischen Innervation des Pharynx werden, mit Ausnahme der Nasenregion, von Ästen des Nervus glossopharyngeus [IX] und des Nervus vagus [X] übernommen, die an der äußeren Faszie der Rachenwand einen Plexus (Plexus pharyngeus) bilden (Abb. 8.195).

Der **Plexus pharyngeus** wird gebildet durch:

- Rami pharyngeales des Nervus glossopharyngeus [IX]
- Äste des **Ramus laryngeus externus** des **Nervus laryngeus superior** aus dem Nervus vagus [X]
- den Ramus pharyngealis des Nervus vagus [X].

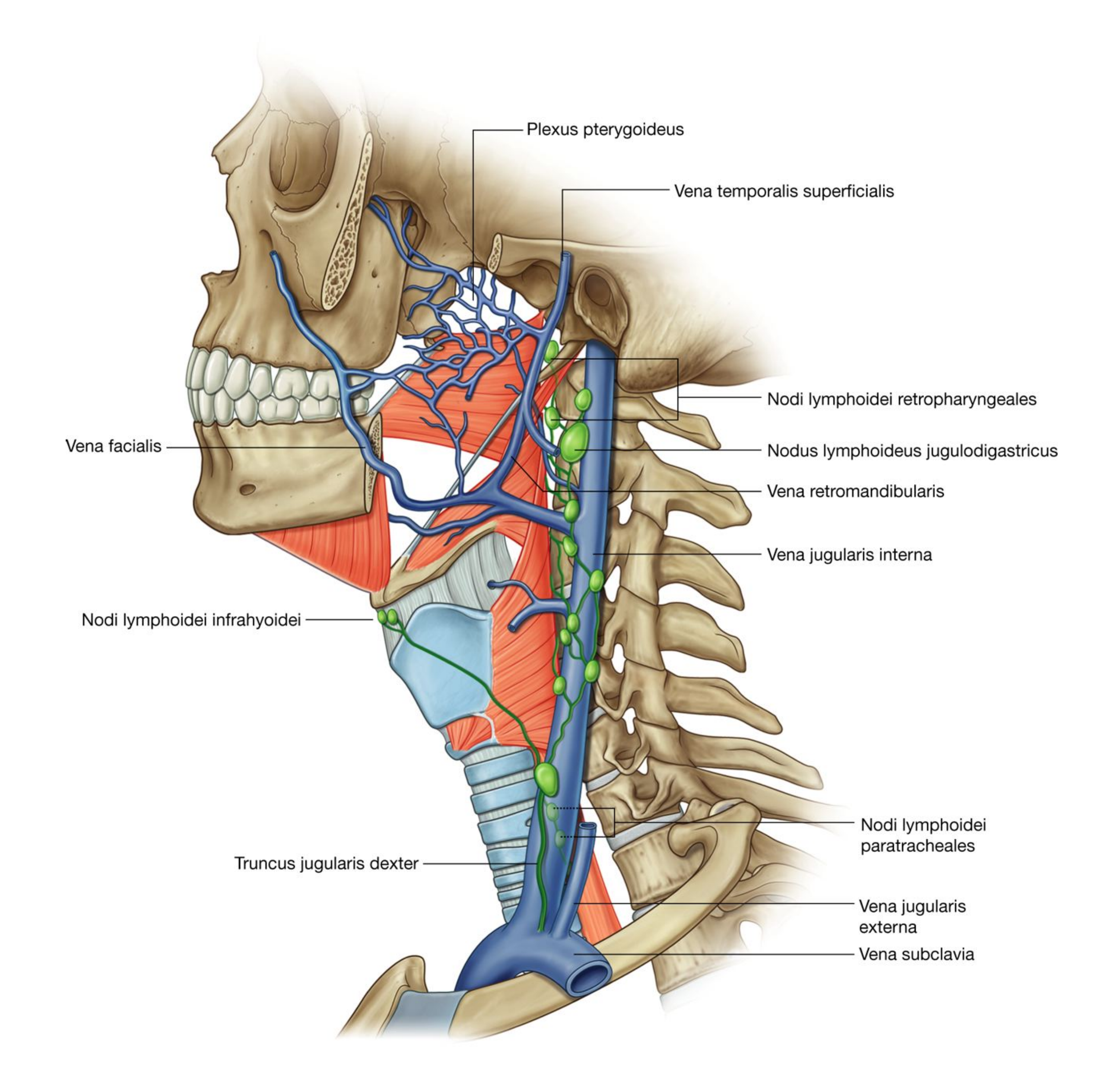
Der **Ramus pharyngealis** des Nervus vagus [X] entspringt vom oberen Teil des **Ganglion inferius** oberhalb des Ursprungs des Nervus laryngeus superior. Er ist nicht nur der wichtigste motorische Nerv des Pharynx, sondern er führt auch sensorische Fasern des Laryngopharynx.

Bis auf den Musculus stylopharyngeus, der direkt durch einen Ast des Nervus glossopharyngeus [IX] innerviert wird, werden alle Muskeln des Pharynx aus Ästen des Plexus pharyngeus innerviert.

981

982

Abb. 8.194



Venöser und lymphatischer Abfluss des Pharynx.

Jede Untereinheit des Pharynx wird sensorisch anders versorgt:

- Der Nasopharynx wird durch den Ramus pharyngeus des Nervus maxillaris [V_2] innerviert, der in der Fossa pterygopalatina entspringt, durch den **Canalis palatovaginalis** des Os sphenoidale zieht, um das Dach des Pharynx zu erreichen.
- Der Oropharynx wird über den Plexus pharyngeus durch den Nervus glossopharyngeus [IX] innerviert.

- Der Laryngopharynx wird über den Plexus pharyngeus durch den Nervus vagus [X] innerviert.

Nervus glossopharyngeus [IX]

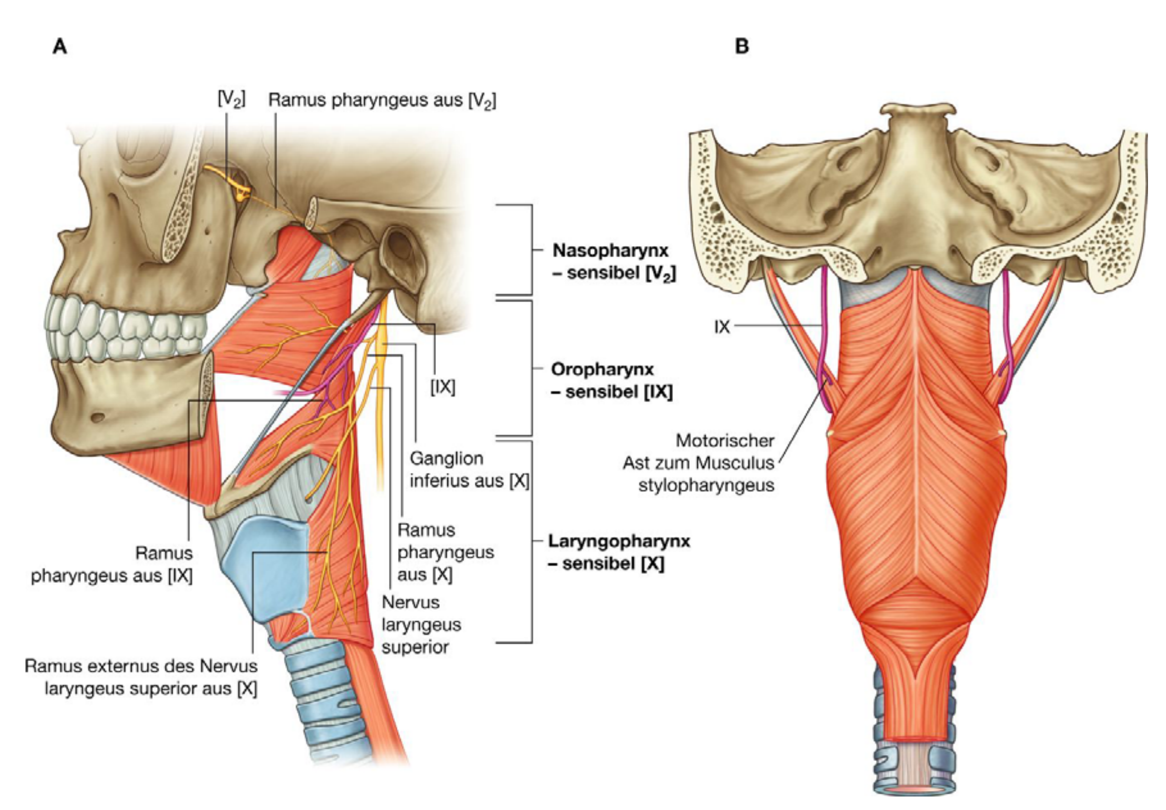
Den größten Teil seiner Verlaufsstrecke außerhalb der Schädelhöhle steht der Nervus glossopharyngeus [IX] mit dem Pharynx in Verbindung.

Nach seinem Austritt aus dem Schädel durch das Foramen jugulare zieht der Nervus glossopharyngeus an der Hinterfläche des Musculus stylopharyngeus kaudalwärts, dann über dessen laterale Fläche nach vorn, durch die Muskulatur zwischen Musculus constrictor pharyngis superior und Musculus constrictor pharyngis medius, um schließlich den hinteren Teil der Zunge zu erreichen.

982

983

Abb. 8.195



Innervation des Pharynx. **A**. Ansicht von lateral. **B**. Ansicht von hinten.

Entlang dem freien Unterrand des Musculus constrictor pharyngis superior liegt der Nervus glossopharyngeus [IX] direkt kaudal von der Tonsilla palatina, die sich auf der Innenseite des Muskels befindet.

Zu den Ästen des Nervus glossopharyngeus [IX], die im Hals entspringen, gehören die Rami pharyngeales zum Plexus pharyngeus sowie ein motorischer Ast zum Musculus stylopharyngeus. *Da der Nervus glossopharyngeus [IX] den Oropharynx sensibel innerviert, führt er auch sensible Fasern aus dem Tonsillenbett (Tonsilla palatina). Über den Nervus glossopharyngeus verläuft der afferente Schenkel des Würgereflexes.*

LARYNX

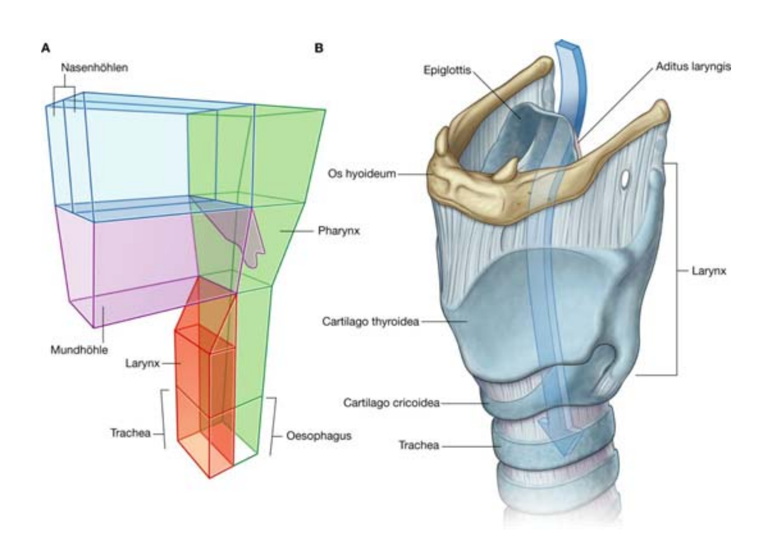
Der Larynx (Kehlkopf) ist ein Hohlorgan, das aus einem knorpeligen Grundgerüst besteht. Die Skelettelemente sind untereinander durch echte Gelenke, Bänder und Muskeln verbunden. Zum Kehlkopf gehören ferner Schleimhaut sowie Leitungsbahnen. Der Kehlkopf sitzt dem unteren Respirationstrakt auf.

Die Kehlkopfhöhle setzt sich kaudal als Trachea fort und öffnet sich kranial direkt hinter und etwas unterhalb von der Zunge und dem Isthmus faucium in den Pharynx (Laryngopharynx, Abb. 8.196A und B).

Der Kehlkopf hat verschiedene Funktionen. Der Kehlkopfeingang kann durch die Epiglottis verschlossen werden. Dieser Mechanismus spielt im Zusammenhang mit der Überkreuzung von Luft- und Speiseweg eine große Rolle, um das Eindringen von Fremdkörpern zu verhindern. Außerdem kann das Kehlkopflumen im Bereich der Stimmlippen verschlossen werden. Auch hierdurch werden das Eindringen von Fremdkörpern verhindert und eine Schutzfunktion ausgeübt. Der Kehlkopf wirkt wie ein Sphinkter, der die Verbindung zwischen unterem Respirationstrakt und oberen Atemwegen unterbrechen kann. Dadurch kann intraabdominell Druck aufgebaut werden, beispielsweise im Rahmen der Bauchpresse oder beim Hustenreflex.

Die beiden Stimmfalten können durch das Ausatmen von Luft in Schwingung versetzt werden. Der dabei erzeugte primäre Stimmklang wird zur Bildung der Sprech- und Gesangstimme erzeugt, ein Mechanismus, den man als Phonation (Lautbildung) bezeichnet. Im Rahmen der Phonation werden die Stimmfalten durch die auszuatmende Luft angeblasen und in Schwingung versetzt. Die Schwingung ist dabei von Masse, Spannung und Länge der Stimmfalten sowie vom Anblasdruck abhängig. Der dabei im Kehlkopf entstehende primäre Stimmklang wird anschließend in den darüberliegenden Räumen (Supraglottis = oberhalb der Stimmfalten liegender Kehlkopfabschnitt; Pharynx, Nasen- und Mundhöhle) in den sekundären Simmklang umgewandelt. Dadurch erhält die Stimme ihren individuellen, charakteristischen Klang.

Abb. 8.196



Kehlkopf. **A**. Lagebeziehung zu anderen Höhlen. **B**. Seitenansicht.

Der Kehlkopf besteht aus:

- drei großen, unpaaren Knorpeln (Cartilago cricoidea, Cartilago thyroidea, Cartilago epiglottica)
- drei kleinen, paarigen Knorpeln (Cartilago arytenoidea, Cartilago corniculata und Cartilago cuneiformis)
- einer elastischen Bindegewebsmembran sowie zahlreichen Muskeln.

Der Kehlkopf ist kranial am Os hyoideum aufgehängt und kaudal über Bindegewebe an der Trachea befestigt. Der Larynx ist innerhalb des Halses sehr beweglich und kann durch Muskeln der suprahyalen und infrahyalen Muskulatur sowie durch einzelne Pharynxmuskeln, die entweder am Kehlkopf direkt oder am Os hyoideum befestigt sind, nach oben, nach unten, nach vorn und nach hinten bewegt werden.

Beim Schluckakt erleichtern die Auf- und Vorwärtsbewegungen des Kehlkopfs den Verschluss des Kehlkopfeingangs und die Öffnung des Oesophagus.

Die motorische und sensorische Innervation des Kehlkopfes erfolgt über den Nervus vagus [X].

Kehlkopfknorpel (Cartilagines laryngis)

Die Kehlkopfknorpel unterscheiden sich strukturell. Epiglottis und kleine Kehlkopfknorpel (Cartilagines corniculata, cuneiformes und triticeae) bestehen aus elastischem Knorpel; Schildknorpel und Ringknorpel sind hyaline Knorpel. Die Stellknorpel nehmen eine Sonderstellung ein. Sie bestehen größtenteils aus hyalinem Knorpel, die Spitze des Processus vocalis ist allerdings mit elastischem Knorpel versehen.

Obwohl bei allen Beschreibungen des Kehlkopfskeletts von Cartilagines oder Knorpeln gesprochen wird, muss man sich klarmachen, dass die sog. permanenten Kehlkopfknorpel im Laufe des Lebens (etwa ab dem 20. Lebensjahr) verknöchern. Dies betrifft aber nur die hyalinen Kehlkopfknorpel (Schildknorpel, Ringknorpel und Stellknorpel).

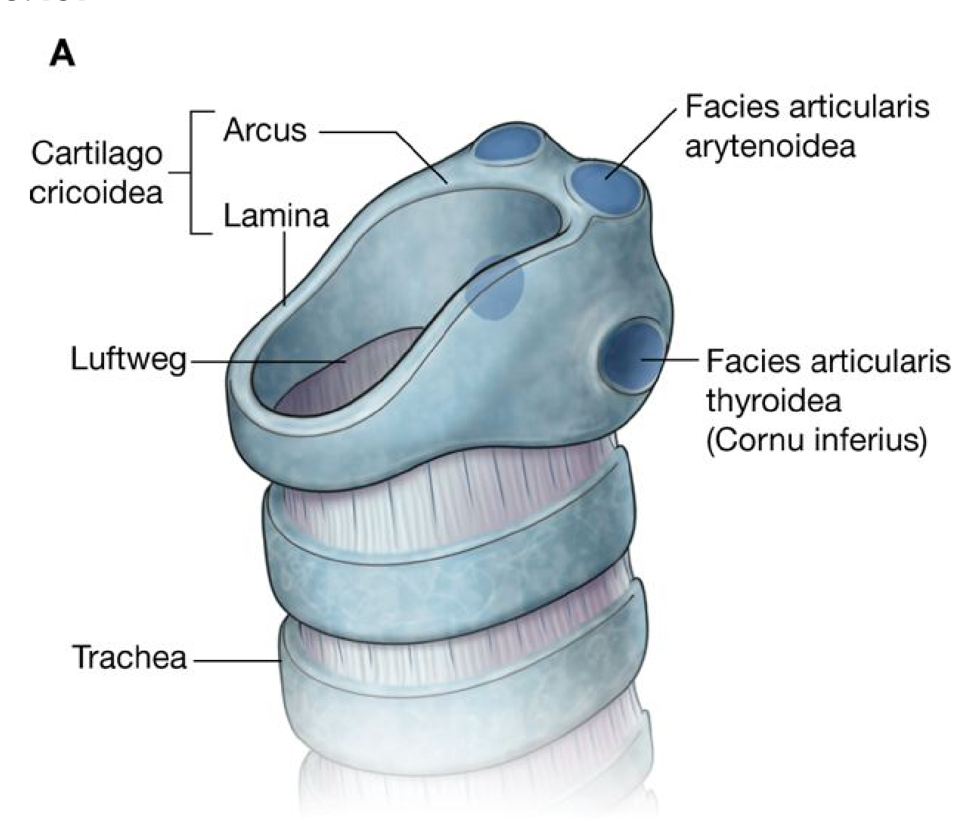
984
985

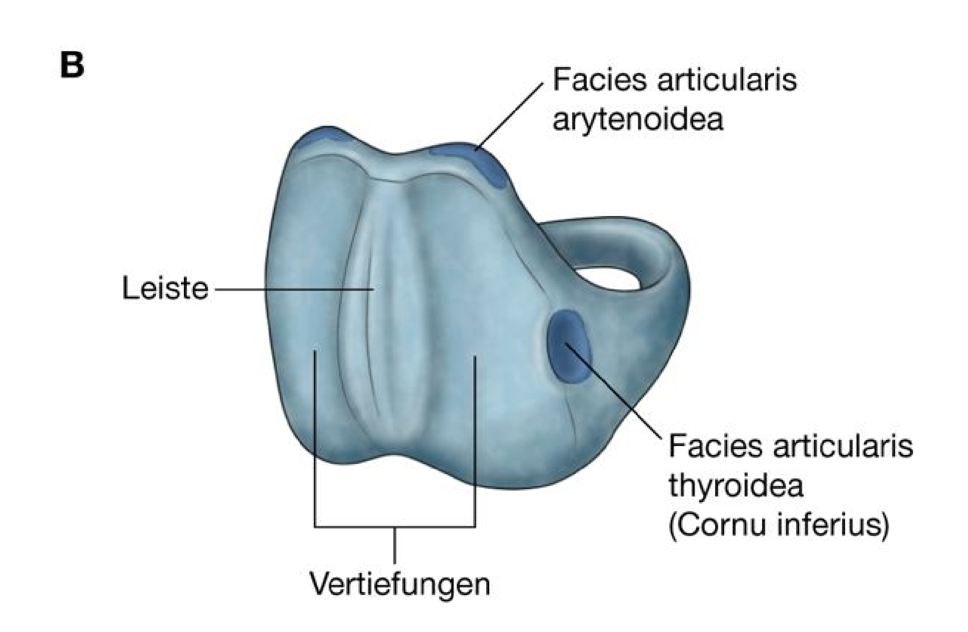
Der Verknöcherungsprozess läuft geschlechtsspezifisch ab. So verknöchert der ventrale Anteil der Schildknorpelplatte bei der Frau nie. Beim Mann schreitet die Verknöcherung der Schildknorpelplatte immer weiter fort, aber auch hier bleiben bis ins hohe Lebensalter Anteile der Schildknorpelplatte von dem Verknöcherungsprozess ausgespart. Die zunehmende Verknöcherung hat Einfluss auf die Elastizität des Kehlkopfskeletts, die Stimme verändert sich im Laufe des Lebens. Dies beruht u. a. auf der zunehmenden Verknöcherung. *Aus klinischer Sicht ist die Verknöcherung im Hinblick auf die Ausbreitung von Tumoren (Knorpel ist avaskulär und stellt damit ein Hindernis für die Tumorausbreitung dar) und von Frakturen nach Unfällen von Bedeutung.*

Cartilago cricoidea

Die Cartilago cricoidea (Ringknorpel) ist der am weitesten kaudal liegende Knorpel des Kehlkopfes. Er schließt den Luftweg komplett ein (Abb. 8.197) und ist wie ein „Siegelring" geformt. Er besteht aus einer breiten **Lamina cartilaginis cricoideae**, die dorsolateral liegt, sowie einem viel schmaleren **Arcus cartilaginis cricoideae** auf der Vorderseite.

Abb. 8.197





Cartilago cricoidea. **A**. Ansicht von ventrolateral. **B**. Ansicht von dorsal.

Die Dorsalfläche der Lamina cartilaginis cricoideae ist durch zwei flache, ovale Vertiefungen gekennzeichnet, die durch eine vertikale Leiste voneinander getrennt werden. Durch diese Leiste ist der Oesophagus mit dem Kehlkopf verbunden; die Vertiefungen dienen als Befestigungsstellen für die Musculi cricoarytenoidei posteriores.

Der Ringknorpel hat für die Artikulation mit anderen Kehlkopfknorpeln zwei Gelenkflächen an jeder Seite.

- Eine Gelenkfläche befindet sich an der gekrümmten, kraniolateralen Oberfläche der Lamina cartilaginis cricoideae und artikuliert mit der Basis des paarigen Stellknorpels (Cartilago arytenoidea).
- Die andere Gelenkfläche befindet sich an der lateralen Außenfläche der Lamina cartilaginis cricoideae nahe der Stellknorpelbasis. Sie artikuliert mit der medialen Fläche des Unterhorns des Schildknorpels (Cornu inferius cartilaginis thyroideae).

Cartilago thyroidea

Die Cartilago thyroidea (Schildknorpel) ist der größte Knorpel des Kehlkopfs (Abb. 8.198). Sie besteht aus einer Lamina dextra und einer Lamina sinistra, die dorsal weit auseinanderstehen, vorn allerdings konvergieren und in der Mittellinie miteinander verschmelzen. Der am weitesten ventral und kranial liegende Punkt der Vereinigungsstelle der beiden breiten, flachen Laminae ist die **Prominentia laryngea** („Adamsapfel“). Der zwischen den beiden Laminae bestehende Winkel ist bei Männern spitzer (90°) als bei Frauen (120°), sodass der Adamsapfel bei Männern deutlicher sicht-und tastbar ist als bei Frauen.

Beim Divergieren werden die beiden Laminae direkt oberhalb der Prominentia laryngea durch die **Incisura thyroidea superior** geteilt. *Sowohl die Incisura thyroidea superior als auch die Prominentia laryngea sind tastbare Knorpel-(Knochen-)Punkte des Halses*. An der Basis der Cartilago thyroidea ist in der Mittellinie auch eine weniger deutliche **Incisura thyroidea inferior** tastbar.

Der Hinterrand jeder Lamina cartilaginis thyroideae wird jeweils durch ein **Cornu superius** und ein **Cornu inferius** verlängert:

- Die mediale Fläche des Cornu inferius hat eine Gelenkfläche für den Ringknorpel.
- Das Cornu superius ist durch das Ligamentum thyrohyoideum mit dem dorsalen Ende des Cornu majus ossis hyoidei verbunden.

Die laterale Fläche jeder Lamina cartilaginis thyroideae ist durch eine Kante markiert **(Linea obliqua)**, die sich von der Basis des Cornu superius bis kurz vor die Hälfte des Unterrandes der Lamina nach vorn erstreckt.

985

986

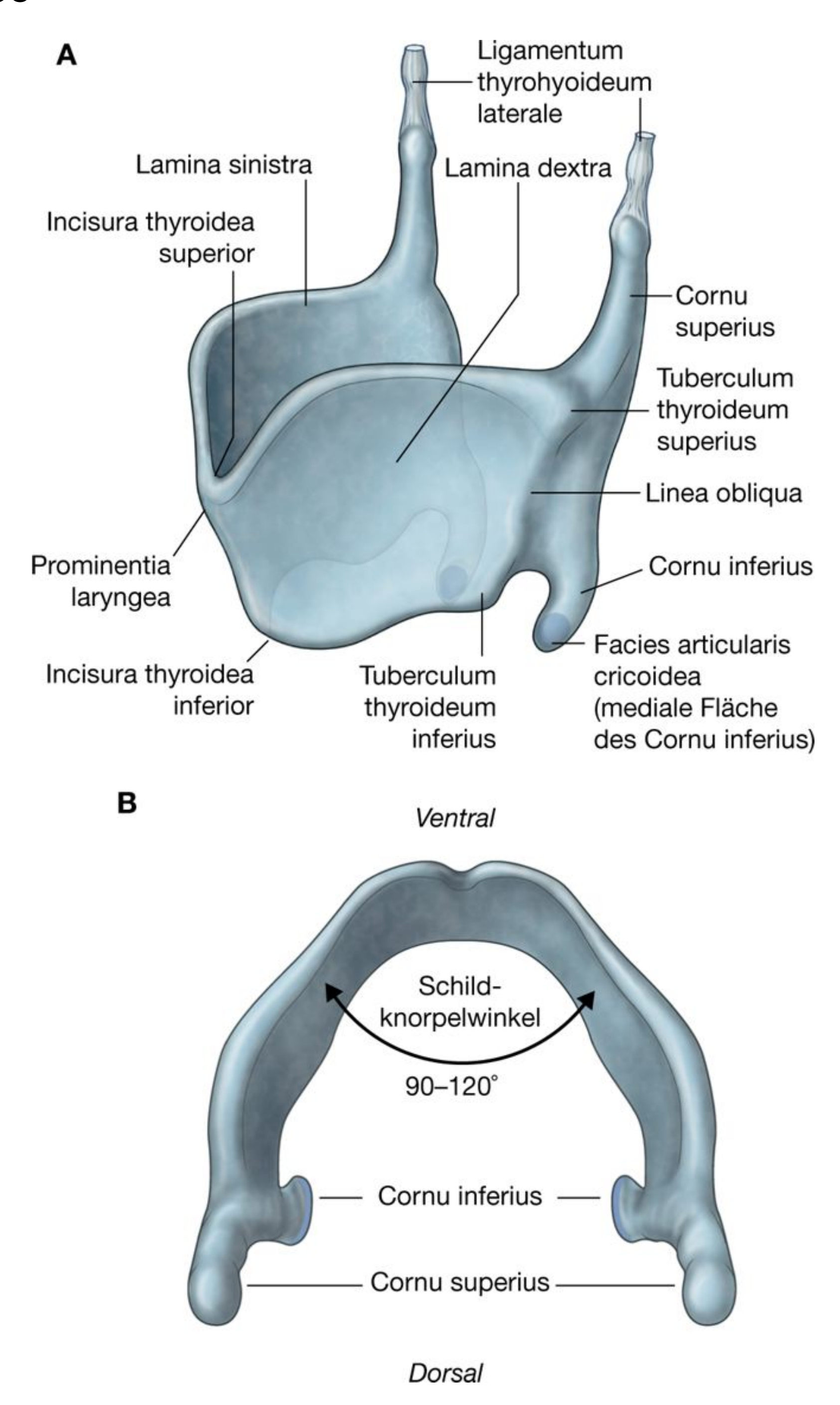
Die Enden der Linea obliqua sind erweitert und bilden so das **Tuberculum thyroideum superius** sowie das **Tuberculum thyroideum inferius**. Außerdem dient die Linea obliqua

der Befestigung einiger Muskeln am Kehlkopf (Musculus sternothyroideus, Musculus thyrohyoideus, Musculus constrictor pharyngis inferior).

Epiglottis

Die Epiglottis ist ein blattförmiger elastischer Knorpel, der an seinem Stiel mit der Rückfläche der Cartilago thyroidea unmittelbar unterhalb der Incisura thyroidea superior verbunden (Abb. 8.199) und von hier nach dorsokranial gerichtet ist. Der Oberrand der Epiglottis befindet sich im entspannten Zustand hinter dem Zungengrund.

Abb. 8.198



Cartilago thyroidea. **A**. Ansicht von ventrolateral. **B**. Ansicht von kranial.

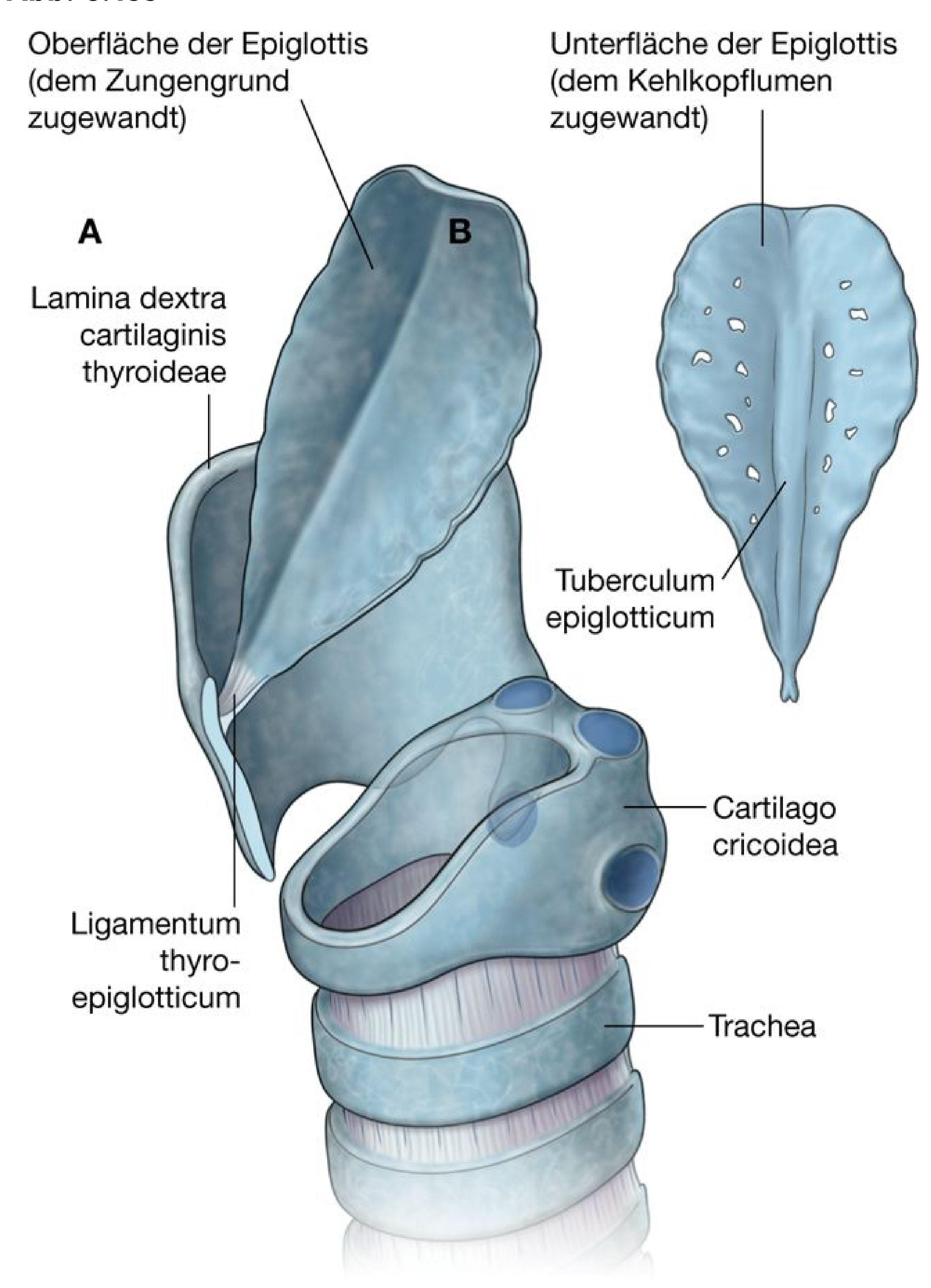
Die untere Hälfte der dem Kehlkopfinneren zugewandten Fläche der Epiglottis ist leicht erhaben und bildet das Tuberculum epiglotticum.

Cartilago arytenoidea

Die beiden Cartilagines arytenoideae (Stellknorpel) sind pyramidenförmige Knorpel mit drei Oberflächen, einer **Basis cartilaginis arytenoideae** sowie einer **Apex cartilaginis arytenoideae** (Abb. 8.200):

- Die Basis der Cartilago arytenoidea ist konkav und artikuliert mit der gekrümmten Facies articularis der kraniolateralen Oberfläche der Lamina cartilaginis cricoideae in der Articulatio cricoarytenoidea.
- Die Spitze der Cartilago arytenoidea artikuliert mit der Cartilago corniculata.
- Die **mediale Fläche** eines jeden Stellknorpels steht der jeweils anderen gegenüber.
- Die **ventrolaterale Fläche** hat zwei Vertiefungen, die durch eine Kante voneinander getrennt sind und der Befestigung des Musculus vocalis und des Ligamentum vestibulare dienen.

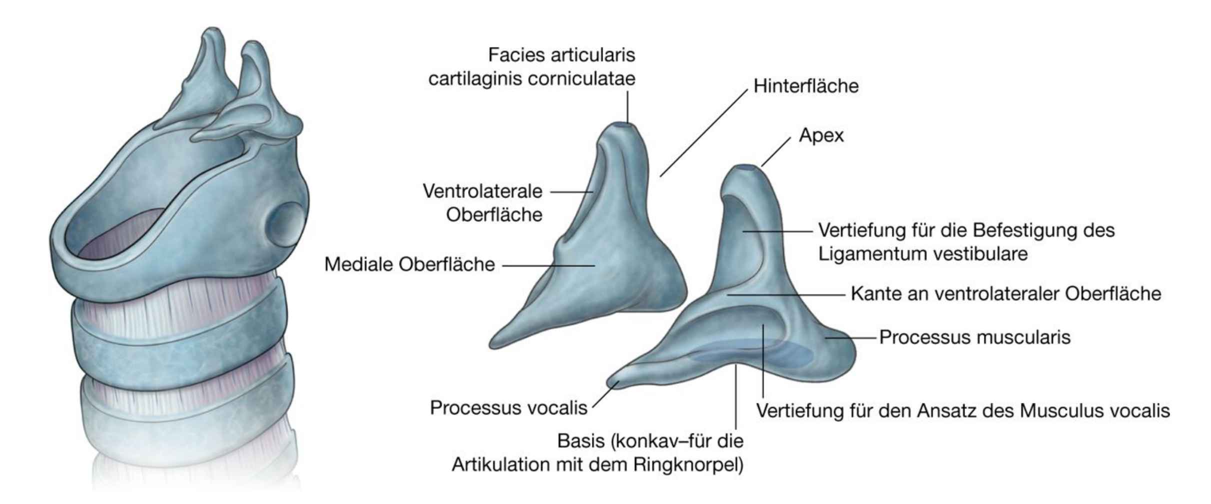
Abb. 8.199



Epiglottis. **A**. Ansicht von ventrolateral. **B**. Unterfläche.

986

Abb. 8.200



Cartilagines arytenoideae.

Der nach vorn gerichtete Fortsatz der Basis des Stellknorpels ist der **Processus vocalis**, an dem das Ligamentum vocale inseriert. Der nach lateral ausgerichtete Fortsatz des Stellknorpels ist der Processus muscularis, an dem die Musculi cricoarytenoidei posterior und lateralis ansetzen. *Die Stellknorpel werden von den Klinikern, besonders den Hals-Nasen-Ohren-Ärzten, meist als Aryknorpel bezeichnet.*

Cartilago corniculata

Die Cartilagines corniculatae (Spitzenknorpel) sind zwei kleine kegelförmige Knorpel, deren Basis jeweils mit der Spitze des entsprechenden Stellknorpels artikuliert (Abb. 8.201). Ihre Spitzen zeigen dorsomedial aufeinander zu.

Cartilago cuneiformis

Die beiden kleinen kegelförmigen Knorpel (Kegelknorpel) liegen vor den Spitzenknorpeln und sind in dem Teil der **Membrana fibroelastica** des Larynx aufgehängt, der die Stellknorpel mit dem lateralen Rand der Epiglottis verbindet (Abb. 8.201).

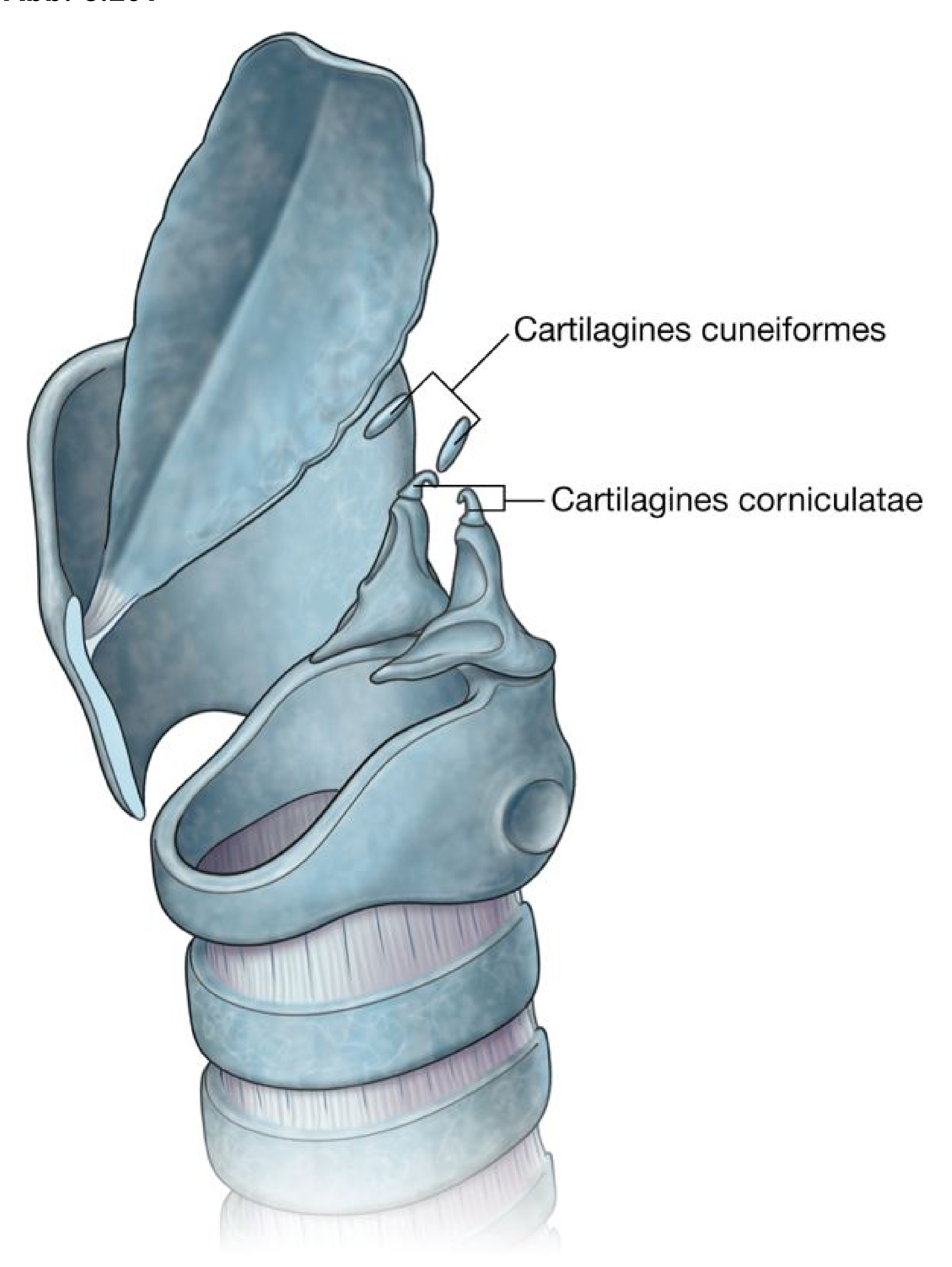
Außenbänder

Membrana thyrohyoidea

Die Membrana thyrohyoidea ist ein straffes, elastisches Band, das zwischen dem Oberrand des Schildknorpels und dem Unterrand des Os hyoideum ausgespannt ist (Abb. 8.202). Es ist am Oberrand der Laminae cartilagines thyroideae und den benachbarten Vorderrändern der Cornua superiora befestigt und setzt an der Innenseite der Cornua majora und hinter dem Corpus ossis hyoidei an.

Auf jeder Seite befindet sich eine kleine Öffnung im lateralen Teil der Membrana thyrohyoidea für die Arteria und Vena laryngea superior, den Ramus internus des Nervus laryngeus superior sowie für Lymphgefäße.

Abb. 8.201



Cartilagines corniculatae und cuneiformes.

Die dorsalen Ränder der Membrana thyrohyoidea sind verdickt und bilden die **Ligamenta thyrohyoidea lateralia**. Meist sind in jedes Ligamentum thyrohyoideum laterale kleine Knorpel (**Cartilagines triticeae**, Weizenkornknorpel) eingelagert. Ventral in der Mittellinie ist die Membrana thyrohyoidea ebenfalls verdickt und bildet das **Ligamentum thyrohyoideum medianum**.

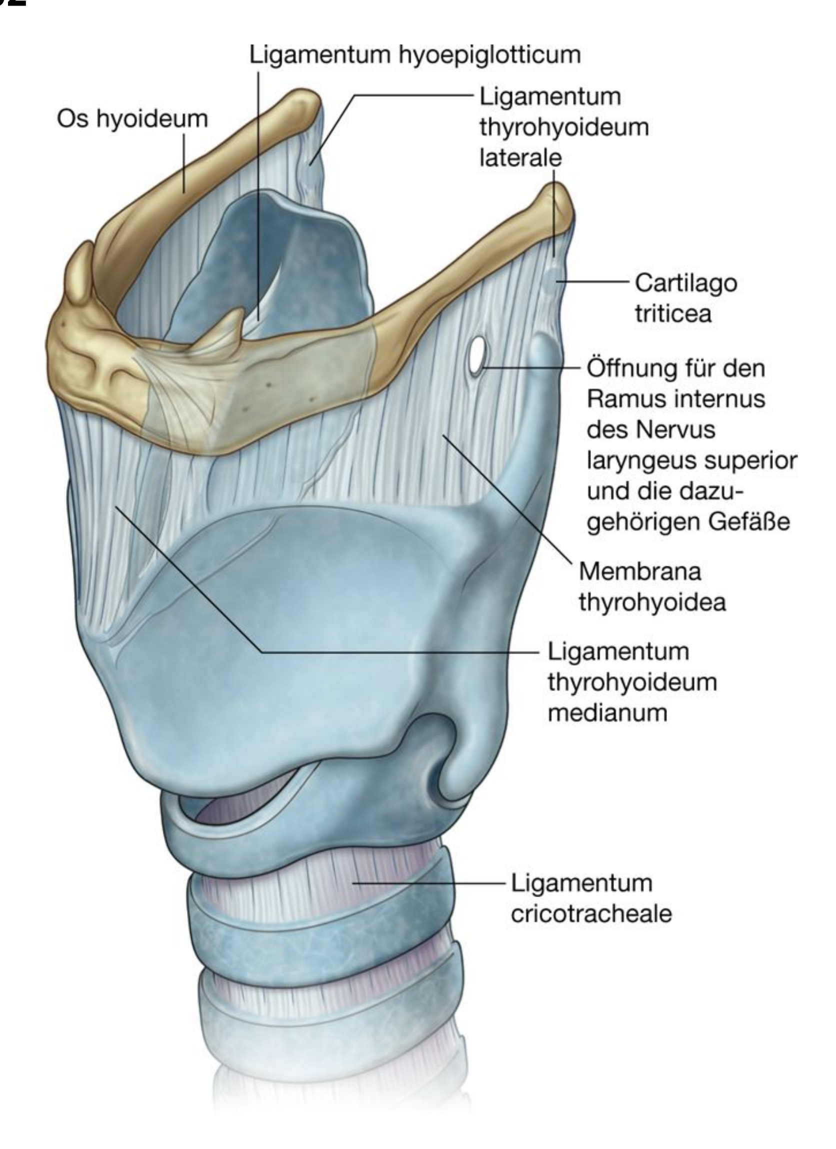
Ligamentum hyoepiglotticum

Das Ligamentum hyoepiglotticum (Abb. 8.202) verläuft von der Mittellinie der Epiglottis nach kranioventral und inseriert am Corpus ossis hyoidei.

Ligamentum cricotracheale

Das Ligamentum cricotracheale (Abb. 8.202) spannt sich ringförmig vom Unterrand des Ringknorpels zum benachbarten Oberrand des ersten Trachealknorpels aus.

Abb. 8.202



Außenbänder des Kehlkopfs.

Innenbänder

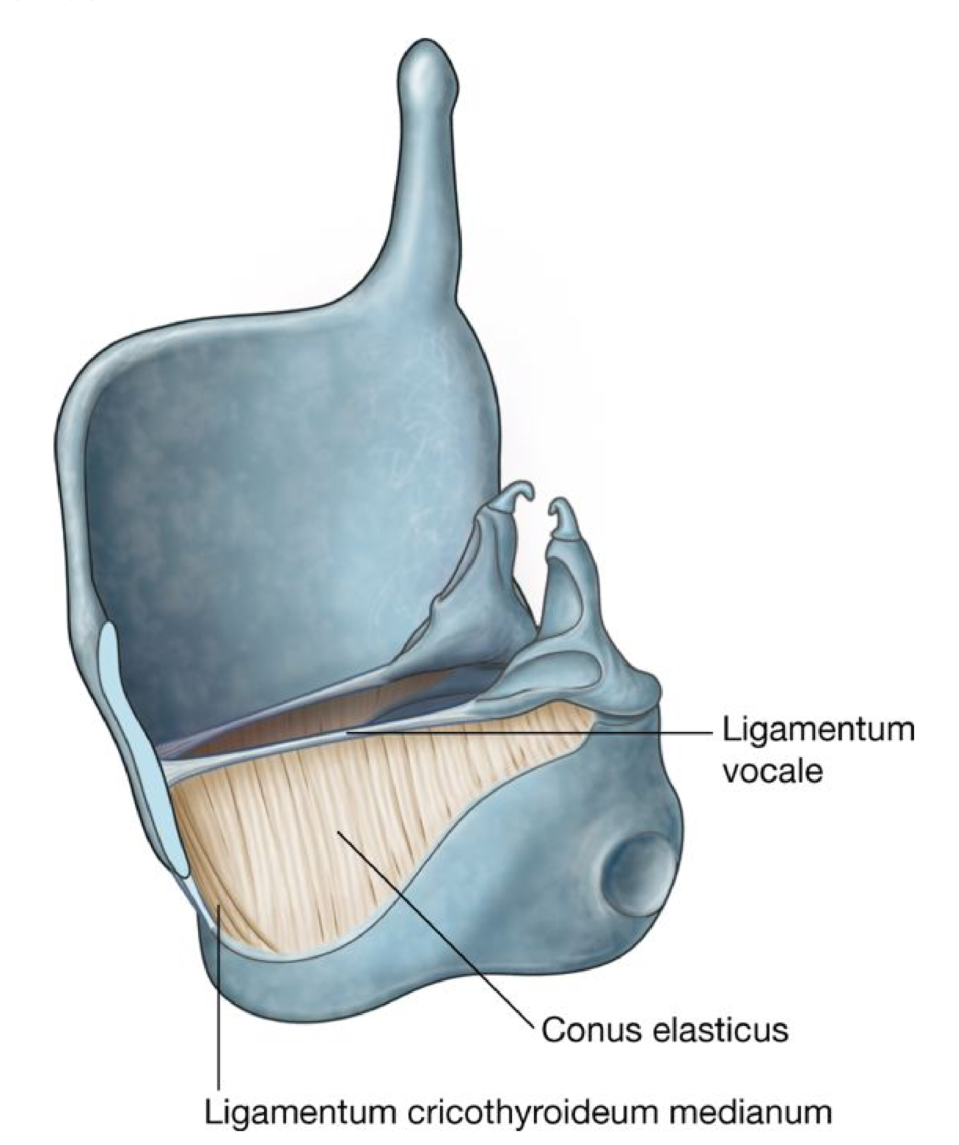
Membrana fibroelastica laryngis

Die Membrana fibroelastica laryngis verbindet die Kehlkopfknorpel miteinander und vervollständigt das architektonische Gerüst der Kehlkopfhöhle. Die elastische Membran, die sich größtenteils aus elastischen Fasern zusammensetzt, besteht aus zwei Teilen – kaudal aus dem Conus elasticus und kranial aus der Membrana quadrangularis.

Conus elasticus

Der Conus elasticus (Abb. 8.203) ist am Arcus cartilaginis cricoideae befestigt und steigt zu den **Ligamenta vocalia (Stimmbänder)** auf. Dieser obere freie Rand ist auf jeder Seite folgerndermaßen befestigt:

Abb. 8.203



Conus elasticus.

- ventral an der Cartilago thyroidea. Die Ligamenta vocalia inserieren nicht einfach direkt im Schildknorpel, sondern zur Angleichung der Elastizitätsmodule der verschiedenen Gewebe ist zunächst ein **Nodulus elasticus (anterior)**, ein elastisches Knötchen aus scherengitterartig um Knorpel-und Bindegewebszellen angeordneten elastischen und Kollagenfasern, eingelagert, der über eine Sehne **(Broyl-Sehne)** im hyalinen Schildknorpel knapp unterhalb der Incisura thyroidea inseriert. Die beiden Ligamenta vocalia inserieren so jeweils über einen Nodulus elasticus, der seinerseits jeweils in eine gemeinsame Sehne (Broyl-Sehne) einstrahlt, die ihrerseits am 988 Schildknorpel befestigt ist. In die Sehne strahlen von lateral jeweils die beiden 989 Musculi vocales und von kranial die beiden Ligamenta vestibularia (Taschenbänder) ein. Der gesamte Bereich wird als **vordere Kommissur** bezeichnet.

- dorsal am Processus vocalis des Stellknorpels. Auch am Processus vocalis inseriert das Ligamentum vocale nicht direkt am Processus vocalis. Zwischen beide Strukturen ist, ausgehend vom Stimmband, wieder ein **Nodulus elasticus (posterior)** eingelagert, der über elastischen Knorpel am hyalinen Knorpel des Processus vocalis inseriert. Die Angleichung der Elastizitätsmodule durch den Übergang der verschiedenen Gewebe ineinander ist für den Schwingvorgang der Stimmfalten äußerst wichtig. Anderenfalls würden die Stimmbänder aus ihrer Verankerung ausreißen. Die Noduli elastici der Stimmbänder werden auch als Maculae flavae (gelbe Flecken) bezeichnet. Sie sind bei der Kehlkopfspiegelung als solche sichtbar (Abb. 8.212B).

Der freie Rand der beiden Befestigungspunkte ist verdickt und bildet das Ligamentum vocale, das unter der **Plica vocalis (Stimmfalte)** des Larynx liegt.

Der Conus elasticus ist vorn im Bereich der Mittellinie zum **Ligamentum cricothyroideum medianum** verdickt. Das Band spannt sich zwischen dem Arcus cartilaginis cricoideae, der Incisura thyroidea inferior und der benachbarten tiefen Fläche des Schildknorpels bis kranial zum Insertionsbereich der Ligamenta vocalia aus.

Wenn in Notfallsituationen der Luftweg oberhalb der Stimmfalten blockiert ist, kann das Ligamentum cricothyroideum medianum durchtrennt werden, um einen künstlichen Luftweg zu schaffen (Koniotomie). Außer einigen kleinen Gefäßen und dem inkonstanten Lobus pyramidalis der Glandula thyroidea befinden sich normalerweise nur wenige Strukturen zwischen dem Ligamentum cricothyroideum medianum und der Haut.

Membrana quadrangularis

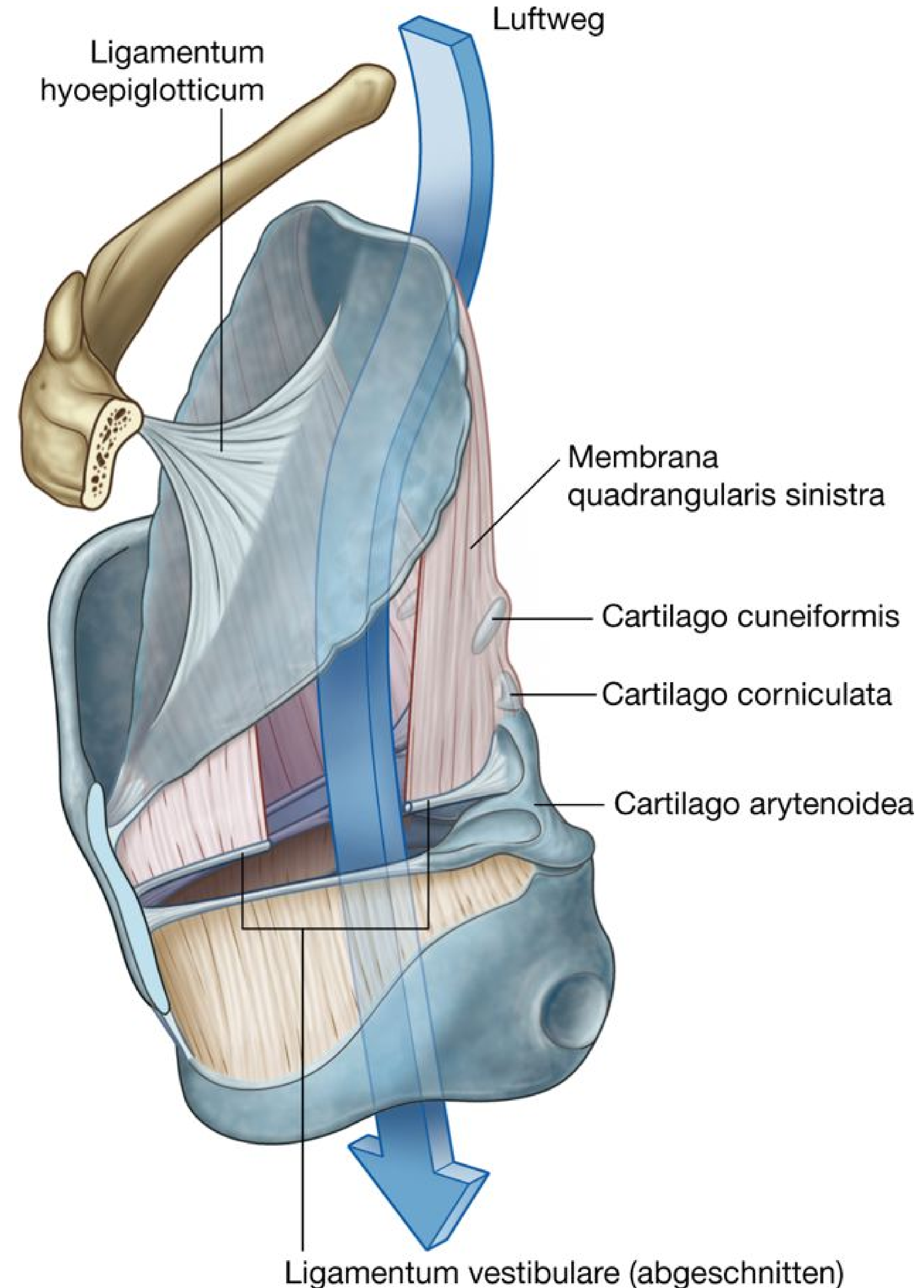
Auf jeder Seite erstreckt sich die viereckige Membrana quadrangularis zwischen dem lateralen Rand der Epiglottis und der ventrolateralen Oberfläche eines jeden Stellknorpels (Abb. 8.204). Sie ist darüber hinaus an den Spitzenknorpeln befestigt, die mit der Spitze der Stellknorpel bindegewebig verbunden sind.

Jede Membrana quadrangularis hat einen freien oberen und einen freien unteren Rand. Der freie Unterrand ist verdickt und bildet das **Ligamentum vestibulare (Taschenband)** in der

Plica vestibularis (Taschenfalte) des Kehlkopfes. Das Band wird fälschlicherweise häufig auch als falsches Stimmband bezeichnet.

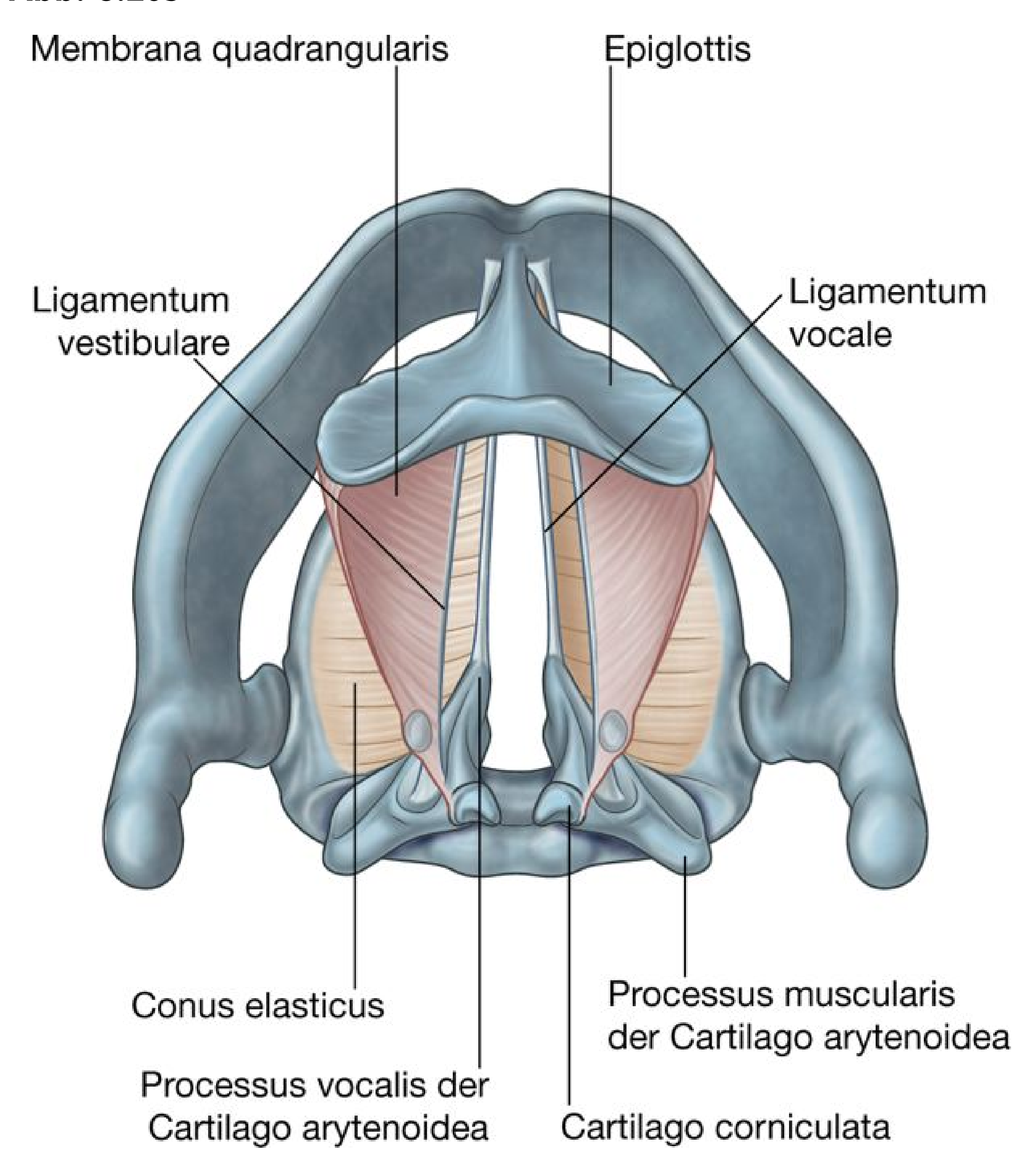
Das Ligamentum vestibulare ist dorsal an der oberen Vertiefung der anterolateralen Oberfläche des Stellknorpels und ventral in der vorderen Kommissur an der Broyl-Sehne direkt oberhalb des Ansatzes des Ligamentum vocale befestigt.

Abb. 8.204



Membrana quadrangularis.

Abb. 8.205



Membrana fibroelastica laryngis, Ansicht von kranial.

Auf beiden Seiten ist das Ligamentum vestibulare der Membrana quadrangularis vom Ligamentum vocale des Conus elasticus unten durch einen Spalt getrennt. Da das Taschenband an der ventrolateralen Fläche des Stellknorpels ansetzt und das Stimmband am Processus vocalis des gleichen Stellknorpels inseriert, befindet sich das Taschenband beim Blick von oben lateral vom Stimmband (Abb. 8.205).

989
990

Kehlkopfgelenke

Articulatio cricothyroidea

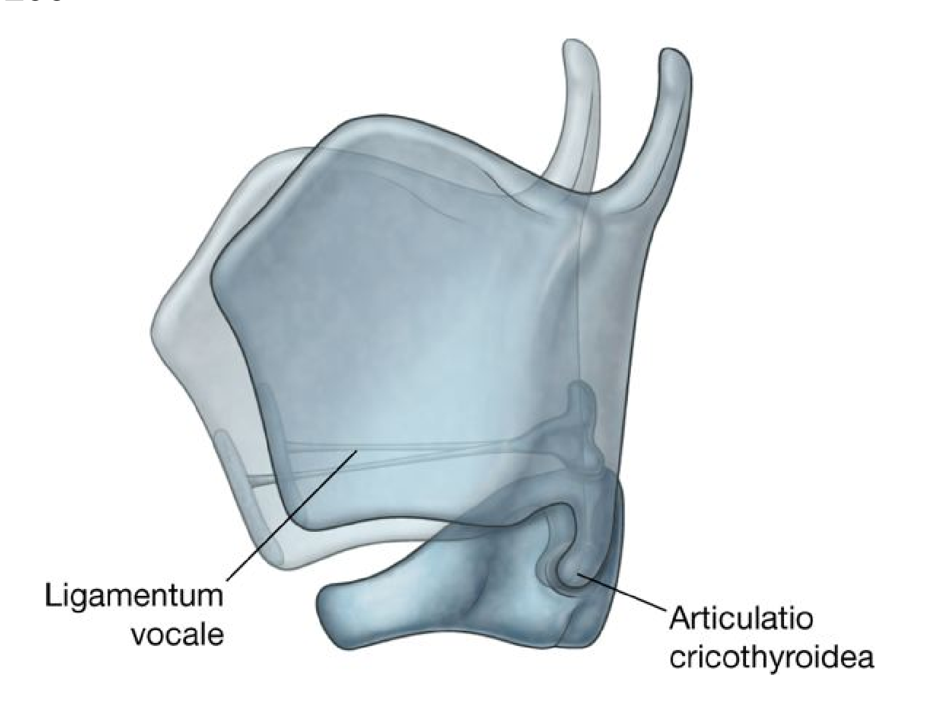
Das paarige Gelenk zwischen Cornu inferior des Schildknorpels und der Seitenfläche des Ringknorpels ist genauso wie das Krikoarytenoidgelenk ein echtes Gelenk (Diarthrose; Synovialgelenk). Jedes Gelenk wird von einer Gelenkkapsel umhüllt und von Bändern verstärkt. Die Articulationes cricothyroideae ermöglichen es dem Schildknorpel, nach vorn zu kippen (Abb. 8.206).

Da sich die Stimmbänder zwischen vorderer Kommissur des Schildknorpels und Processus vocalis des Stellknorpels ausspannen und die Stellknorpel auf der Lamina cartilaginis cricoideae sitzen, führen Kippbewegungen des Schildknorpels nach vorn unten zu einer Zunahme der Stimmbandspannung (Grobspannung der Stimmbänder).

Articulatio cricoarytenoidea

Die Krikoarytenoidgelenke befinden sich zwischen den Facies articulares der kraniolateralen Flächen der Ringknorpel und den Grundflächen der Stellknorpel. Sie ermöglichen es den Stellknorpeln, voneinander weg oder aufeinander zu zu gleiten sowie um eine vertikale Achse zu rotieren, sodass sich die Processus vocales entweder von der Mittellinie weg oder zur Mittellinie hin bewegen können. Diese Bewegungen abduzieren und adduzieren (aufeinander zu oder voneinander weg) die Stimmbänder (Abb. 8.207). Ventralwärts gerichtete Bewegungen der Stellknorpel werden durch das Ligamentum cricoarytenoideum posterius, das die Gelenkkapsel dorsal verstärkt, eingeschränkt.

Abb. 8.206



Bewegungen in den Articulationes cricothyroideae.

Cavitas laryngis

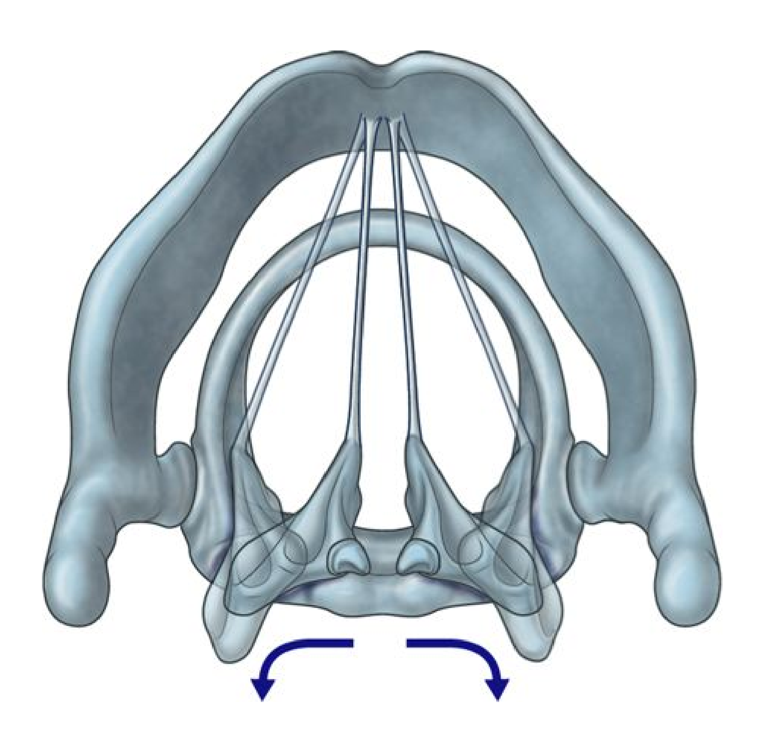
Die zentrale Kehlkopfhöhle (Abb. 8.208) ist röhrenförmig und von Schleimhaut ausgekleidet. Sie ist am Kehlkopfskelett aus Membrana fibroelastica laryngis und Kehlkopfknorpeln befestigt.

Die obere Öffnung in die Kehlkopfhöhle (Aditus laryngis, Kehlkopfeingang) öffnet sich direkt unterhalb und hinter der Zunge in den vorderen Teil des Pharynx (Laryngopharynx; Abb. 8.208A):

- Ihre vordere Begrenzung bildet die Schleimhaut, die den Oberrand der Epiglottis bedeckt.
- Ihre laterale Begrenzung besteht aus den **Plicae aryepiglotticae**, die den Oberrand der Membrana quadrangularis und der benachbarten Weichteile einschließen, sowie am posterolateral gelegenen Rand des Kehlkopfeingangs von der die Cartilagines cuneiformes und corniculatae überdeckenden Schleimhaut.
- Ihre dorsale Begrenzung wird in der Mittellinie von einer Schleimhautfalte gebildet, die zwischen den beiden Tubercula corniculata eine Vertiefung **(Incisura interarytenoidea)** formt.

Die untere Öffnung der Kehlkopfhöhle setzt sich in das Lumen der Trachea fort und wird komplett vom Ringknorpel gebildet. Sie ist im Gegensatz zum Kehlkopfeingang, der schräg nach dorsal geneigt ist und dorsokranial in den Pharynx reicht, horizontal ausgerichtet. Der Übergang zur Luftröhre ist ständig offen; der Aditus laryngis kann durch das Senken der Epiglottis verschlossen werden.

Abb. 8.207



Bewegungen in den Articulationes cricoarytenoideae.

Einteilung in drei Etagen

Die Kehlkopfhöhle wird von zwei paarigen Schleimhautfalten, der Plica vestibularis und der Plica vocalis, die von den Seitenwänden der Kehlkopfhöhle nach medial in die Cavitas 990 laryngis ragen, verengt und in drei Etagen geteilt: das Vestibulum laryngis, den 991 transglottischen Raum und die Cavitas infraglottica (Abb. 8.208B):

- Das **Vestibulum laryngis (supraglottischer Raum; „Supraglottis“)** ist die obere Kammer der Kehlkopfhöhle zwischen Kehlkopfeingang und Plicae vestibulares, die vom Aditus laryngis bis zu den Ligamenta vestibularia reicht.
- Der mittlere Abschnitt der Cavitas laryngis, **der transglottische Raum („Glottis“)**, ist klein und reicht von den Plicae vestibulares bis knapp unterhalb der Plicae vocales. Er umfasst die Taschenfalten, den Ventriculus laryngis und den glottischen Raum („Glottis “; Bereich des freien Stimmfaltenrandes).
- Die **Cavitas infraglottica (subglottischer Raum; „Subglottis“)** ist der am weitesten kaudal liegende Teil der Kehlkopfhöhle. Er umfasst den Bereich unterhalb der Stimmfalten bis zur Unterkante des Ringknorpels.

Ventriculus und Sacculus laryngis

Auf jeder Seite des transglottischen Raums der Kehlkopfhöhle buchtet sich die Schleimhaut durch einen Spalt zwischen Ligamentum vestibulare und Ligamentum vocale nach lateral aus und bildet so einen erweiterten, schüsselförmigen Raum **(Ventriculus laryngis)**. Eine verlängerte, schlauchförmige Erweiterung eines jeden Ventriculus laryngis **(Sacculus laryngis)** reicht zwischen Plica vestibularis und Cartilago thyroidea in ventrokranialer Richtung und kann sich bis zur Spitze der Cartilago thyroidea ausdehnen (die Ausbildung des Sacculus laryngis ist allerdings sehr variabel). Innerhalb der die Wände auskleidenden Schleimhaut des Sacculus laryngis befinden sich zahlreiche muköse Drüsen. Der Schleim, der von den Drüsen produziert wird, dient der Befeuchtung der Stimmfalten und ihrem Schutz (angeborenes Immunsystem).

Rima vestibuli und Rima glottidis

Bei Ansicht von kranial (Abb. 8.208C und D) erkennt man zwischen den beiden benachbarten Plicae vestibulares eine dreieckige Öffnung **(Rima vestibuli)** am Eingang in den transglottischen Raum der Kehlkopfhöhle. Die Spitze der Öffnung befindet sich vorn; die Basis wird von der Hinterwand der Kehlkopfhöhle gebildet.

Kaudal der Plicae vestibulares bilden die Plicae vocales und die benachbarten von Schleimhaut bedeckten Anteile der Stellknorpel die Seitenwände einer ähnlichen, aber schmaleren dreieckigen Öffnung **(Rima glottidis)** zwischen den beiden benachbarten Plicae vocales. Die Öffnung trennt den transglottischen Raum der Kehlkopfhöhle von der Subglottis (Cavitas infraglottica) kaudal. Die Basis der dreieckigen Öffnung wird von Schleimhaut über

den Stellknorpeln am Boden der Incisura interarytenoidea gebildet. Meist erkennt man hier eine deutlich ausgeprägte Schleimhautfalte (Plica interarytenoidea).

Die Rima glottidis besteht aus einer ventralen Pars intermembranacea (reicht von der vorderen Kommissur bis zum Nodulus elasticus posterior) und einer dorsalen Pars intercartilaginea (reicht vom Nodulus elasticus posterior bis zur Hinterwand zwischen den Stellknorpeln).

Sowohl die Rima glottidis als auch die Rima vestibuli können durch Bewegungen der Stellknorpel und den angrenzenden Anteilen der Membranae fibroelasticae geöffnet und geschlossen werden.

Kehlkopfmuskeln

Die Kehlkopfmuskeln gehen embryologisch aus Derivaten des Schlunddarms hervor. Sie werden in äußere und innere Kehlkopfmuskeln gegliedert. Aufgrund ihrer Funktion sind sie dicht innerviert und mit Blut versorgt. Sie wirken auf die Form der Rima glottidis und auf die Spannung der Stimmfalten. Alle Strukturen, die auf die Form der Rima glottidis wirken, werden als Stellapparat, alle für die Spannung der Stimmfalten zuständigen Strukturen als Spannapparat bezeichnet. Außer den eigentlichen Kehlkopfmuskeln wird der Kehlkopf innerhalb des Halses durch seine Verbindung mit dem Zungenbein und dem Pharynx ebenfalls von den infrahyalen und suprahyalen Muskeln sowie von der Pharynxmuskulatur bewegt. Hierbei spielen die Halsfaszien für die Beweglichkeit des Kehlkopfs beim Schluckvorgang sowie bei Atmung und Phonation eine große Rolle.

Äußere Kehlkopfmuskeln

Der Kehlkopf besitzt nur einen einzigen äußeren Kehlkopfmuskel **(Musculus cricothyroideus)**, der funktionell der Grobspannung der Stimmfalten dient (Abb. 8.206)

Musculus cricothyroideus

Die fächerförmigen Musculi cricothyroidei entspringen an den ventrolateralen Flächen des Arcus cartilaginis cricoideae und ziehen nach kranial und dorsal, um am Schildknorpel anzusetzen (Abb. 8.209).

Jeder Muskel hat einen schrägen und einen geraden Anteil:

- Die **Pars obliqua** zieht vom Arcus cartilaginis cricoideae in dorsaler Richtung bis zum Cornu inferius des Schildknorpels.
- Die **Pars recta** verläuft eher vertikal vom Arcus cartilaginis cricoideae bis zum dorsokaudalen Rand der Lamina cartilaginis thyroideae.

Die Kontraktion der Musculi cricothyroidei führt zu einer Bewegung in den Krikothyroidgelenken. Sie ziehen den Schildknorpel vorwärts und kippen ihn um eine sagittale Achse nach vorn unten. Dadurch kommt es zur Grobspannung der Stimmbänder.

Die Musculi cricothyroidei sind die einzigen Kehlkopfmuskeln, die durch die Nervi laryngei superiores des Nervus vagus [X] innerviert werden. Alle inneren Kehlkopfmuskeln werden durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

991

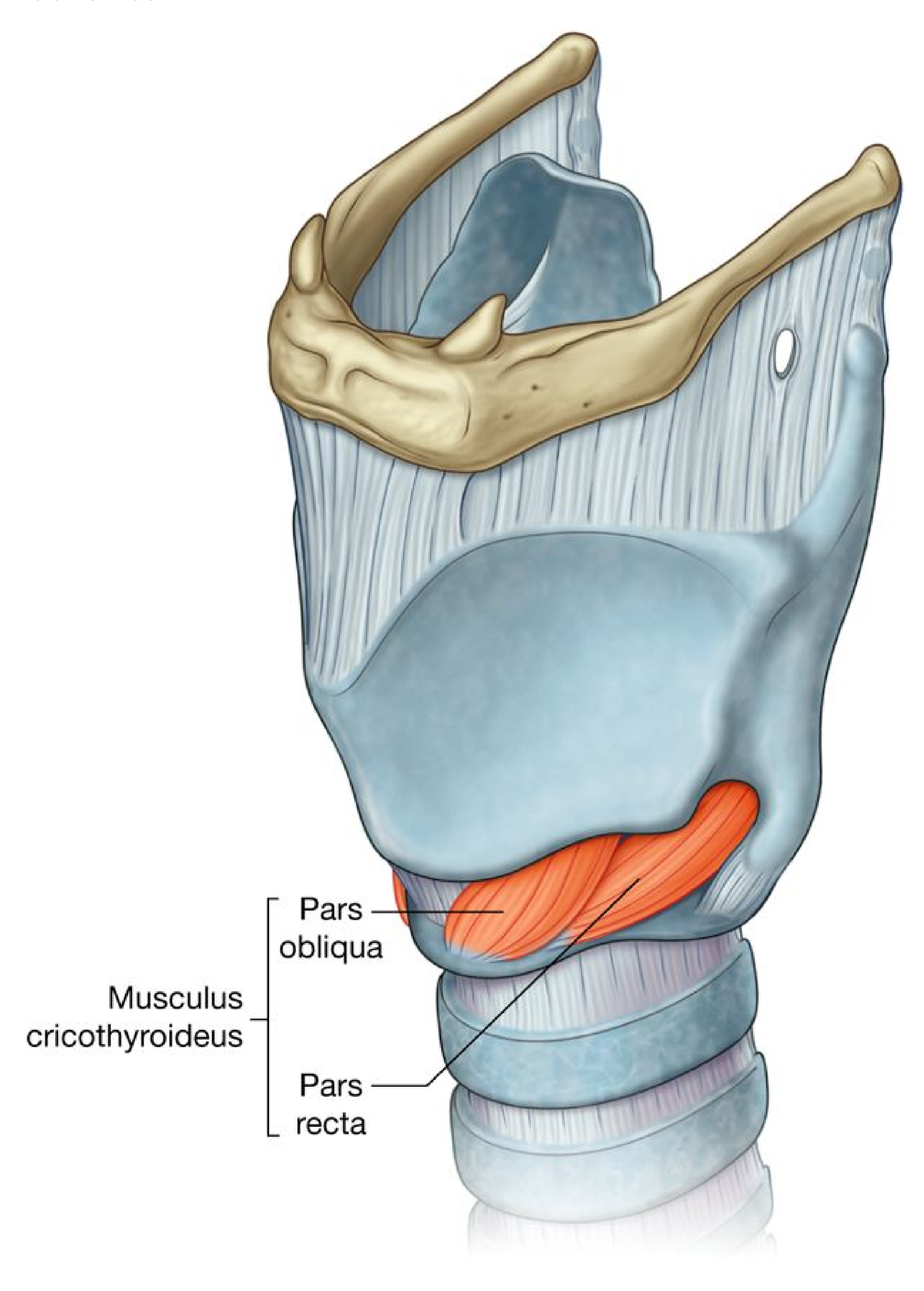
992

Abb. 8.208

Cavitas laryngis (Kehlkopfhöhle). **A**. Ansicht von dorsolateral. **B**. Ansicht von dorsal (Anschnitt). **C**. Ansicht von kranial durch den Kehlkopfeingang. **D**. Beschriftete Photos des Larynx, Ansicht von kranial.

992

Abb. 8.209



Musculus cricothyroideus.

Innere Kehlkopfmuskeln

Die inneren Kehlkopfmuskeln (Tab. 8.19) adjustieren die Spannung der Stimmbänder, öffnen und schließen die Rima glottidis, kontrollieren die innere Ausdehnung des Vestibulum laryngis, schließen die Rima vestibuli und erleichtern das Schließen des Kehlkopfeingangs, indem sie

- auf die Articulatio cricoarytenoidea wirken
- die Distanz zwischen der Epiglottis und den Cartilagines arytenoideae verändern
- direkt an den Stimmbändern ziehen
- die Weichteile der Membrana quadrangularis und die Ligamenta vestibulares nach medial ziehen.

Musculus cricoarytenoideus posterior („Postikus“)

Der **Musculus cricoarytenoideus posterior** ist ein paariger Muskel (Abb. 8.210). Er entspringt an der großen flachen Vertiefung an der Hinterseite der Lamina cartilaginis cricoideae. Seine Fasern konvergieren in kranialer und lateraler Richtung und setzen am Processus muscularis des Stellknorpels an.

Die Musculi cricoarytenoidei posteriores sind die einzigen Öffner der Rima glottidis. Sie abduzieren die Stellknorpel und drehen sie nach auswärts (nach lateral). Dadurch öffnen sie die Rima glottidis. Sie werden durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert. *In der Klinik spricht man meist vom „Postikus“ und nicht vom Musculus cricoarytenoideus posterior*.

Musculus cricoarytenoideus lateralis

Der **Musculus cricoarytenoideus lateralis** entspringt beidseits an der Oberfläche des Arcus cartilaginis cricoideae und zieht in dorsokranialer Richtung zum Processus muscularis des Stellknorpels, um hier anzusetzen (Abb. 8.210).

Die Musculi cricoarytenoidei laterales abduzieren und drehen die Stellknorpel einwärts. Die Bewegung kann die Stellknorpel einander so annähern, dass zwischen den beiden Stellknorpeln ein kleines Dreieck (Flüsterdreieck) frei bleibt. Insgesamt wirken die Muscului cricoarytenoidei laterales aber als Schließer der Rima glottidis.

Sie werden durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

Musculus arytenoideus – Pars transversa

Der unpaare **Musculus arytenoideus** besitzt zwei Anteile, eine Pars transversa und eine Pars obliqua. Die **Pars transversa** spannt sich zwischen den benachbarten lateralen Rändern der Stellknorpel aus und überdeckt die Hinterfläche der Knorpel (Abb. 8.210). Sie

nähert die beiden Stellknorpel einander an und wird durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

Musculus arytenoideus – Pars obliqua

Die **Pars obliqua** zieht jeweils von der Hinterfläche des Processus muscularis des einen Stellknorpels zur Spitze des gegenüberliegenden Stellknorpels (Abb. 8.210). Einige Muskelfasern setzen sich über den Rand der Cartilago arytenoidea fort und strahlen in den Musculus aryepiglotticus ein.

Auch die Pars obliqua nähert die beiden Stellknorpel einander an und wird durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

Insgesamt ist der Musculus arytenoideus ein Schließer der Rima glottidis.

Musculus aryepiglotticus

Der paarige Musculus aryepiglotticus bildet die Fortsetzung der Pars obliqua musculi arytenoidei ventrokranialwärts knapp unterhalb der Plica aryepiglottica. Der Muskel kann 993
994 den Kehlkopfeingang verengen, indem er die Strecke zwischen Stellknorpel und Epiglottis verkürzt. Er wird durch den Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X] innerviert.

Tab. 8.19 Innere und äußere Kehlkopfmuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Äußere Kehlkopfmuskulatur				
Musculus cricothyroideus	Ventolaterale Fläche des Arcus cartilaginis cricoideae	Pars obliqua – Cornu inferius ossis hyoidei Pars rectra – Unterrand der Cartilago thyroidea	Ramus externus des Nervus laryngeus superior des Nervus vagus [X]	Vorwärts-und Hin-unterkippen der Cartilago thyroidea an der Articulatio cricothyroidea
Innere Kehlkopfmuskulatur				
Musculus cricoarytenoideus posterior	Ovale Vertiefung an Hinterseite der Lamina cartilaginis cricoideae	Hinterseite des Processus muscularis cartilaginis arytenoideae	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Auswärtsdrehen und Abduktion der Cartilago arytenoidea
Musculus cricoarytenoideus lateralis	Oberfläche des Arcus cartilaginis cricoideae	Vorderseite des Processus muscularis cartilaginis arytenoideae	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Abduktion und Einwärtsdrehen der Cartilago arytenoidea
Musculus arytenoideus transversus	Laterale Kante der Hinterfläche der Cartilago arytenoidea	Laterale Kante der Hinterseite der gegenüberliegenden Cartilago arytenoidea	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Abduktion der Cartilagines arytenoideae
Musculus arytenoideus obliquus	Hinterseite des Processus muscularis cartilaginis arytenoideae	Hinterseite der Spitze der benachbarten Cartilago arytenoidea; erstreckt sich bis zur Plica aryepiglottica	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Verengung der Stimmritze
Musculus thyroarytenoideus (Pars externa)	Angulus thyroideus und benachbartes Ligamentum cricothyroideum	Anterolaterale Fläche der Cartilago arytenoidea; einzelne Fasern ziehen in die Plicae aryepiglotticae bis zum lateralen Rand der Epiglottis	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Verengung der Stimmritze
Musculus thyroarytenoideus (Pars interna) = Musculus vocalis	Laterale Fläche des Processus vocalis cartilaginis arytenoideae	Ligamentum vocale und Innenfläche der Cartilago thyroidea	Nervus laryngeus recurrens des Nervus vagus [X]	Regulierung der Spannung der Stimmbänder

Musculus thyroarytenoideus

Der **Musculus thyroarytenoideus** besteht aus zwei Anteilen, einer **Pars interna**, die mit dem **Musculus vocalis** gleichzusetzen ist, und einer **Pars externa**.

Pars interna – Musculus vocalis

Die **Musculi vocales** sind verlängerte Muskeln seitlich und parallel eines jeden Ligamentum vocale (Abb. 8.210). Die Muskeln sind dorsal an der lateralen Fläche des Processus vocalis und der angrenzenden Vertiefung in der ventrolateralen Fläche der Stellknorpel befestigt und strahlen ventral im Bereich der vorderen Kommissur seitlich in die Broyl-Sehne ein.

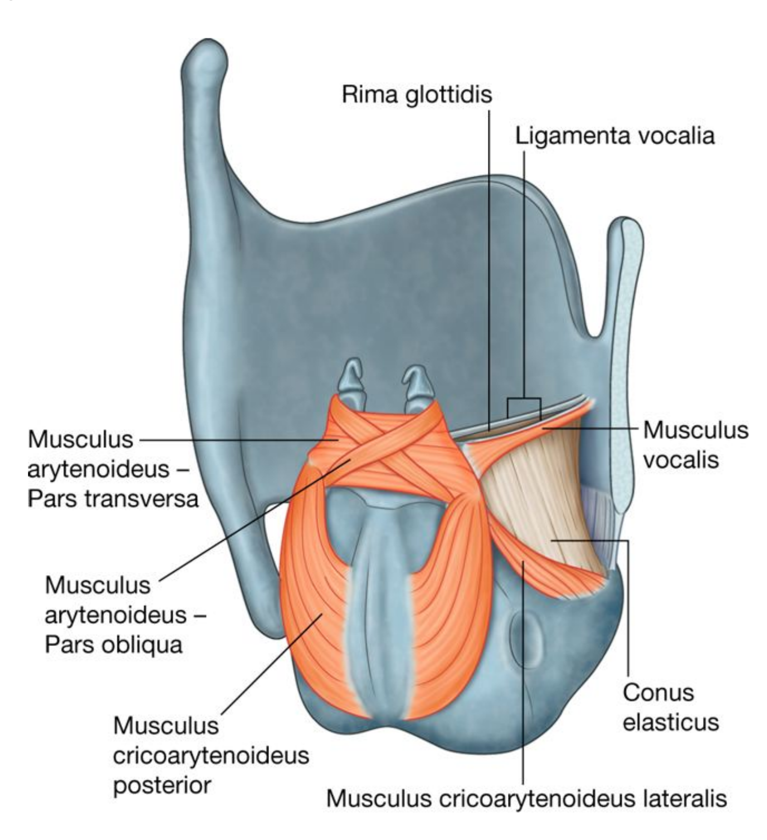
Die Musculi vocales verändern die Spannung der Stimmfalten (Feinspannung) und werden durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

Die Regulation von Länge und Spannung der Stimmbänder und des Conus elasticus erfolgt aktiv durch den Musculus cricoarytenoideus. Sie wird durch die Pars thyropharyngea des Musculus constrictor pharyngis inferior unterstützt. Im Rahmen der Simmlippenspannung fixieren Musculus cricoarytenoideus posterior und Ligamentum cricoarytenoideum posterius den Stellknorpel. Die Binnenspannung der Stimmfalten wird hauptsächlich durch den Musculus vocalis (Pars interna des Musculus thyroarytenoideus) gesteuert, dessen Muskelfasern parallel zur Stimmfalte verlaufen. Er kann die Stimmfaltenspannung durch isotonische und isometrische Kontraktion regulieren („Feinabstimmung“). Dies ist für die Phonation von ausschlaggebender Bedeutung.

994

995

Abb. 8.210



Musculus cricoarytenoideus, Musculus arytenoideus (mit Pars obliqua und Pars transversa), Musculus vocalis.

Pars externa

Die beiden Partes externae der Musculi thyroarytenoidei sind breite flache Muskeln, die sich lateral der Membrana fibroelastica des Larynx sowie der Ventriculi und Sacculi laryngis befinden (Abb. 8.211). Jeder Muskel zieht von einer vertikalen Ursprungslinie an der unteren Hälfte des Angulus thyroideus sowie der angrenzenden, äußeren Fläche des Ligamentum cricothyroideum bis zur anterolateralen Fläche der Cartilago arytenoidea. Einige Fasern können bis in die Plica aryepiglottica ausstrahlen und erreichen so den Unterrand der Epiglottis. Diese Fasern bilden die **Pars thyroepiglottica** des Muskels.

Da die Pars externa breit ist und sich lateral von der Membrana quadrangularis befindet, wirkt sie verengend auf das Vestibulum laryngis, indem sie das Weichgewebe nach medial drückt. Sie führt außerdem zu einer Verengung des Kehlkopfeingangs, indem sie den Stellknorpel nach vorn und gleichzeitig die Epiglottis nach kaudal zieht.

Die Partes externae der Musculi thyroarytenoidei werden ebenfalls durch die Nervi laryngei recurrentes des Nervus vagus [X] innerviert.

Funktion des Kehlkopfs

Der Larynx ist ein komplizierter Sphinkter des unteren Respirationstrakts und stellt ein Instrument zur Tonerzeugung dar. Veränderungen der Größe der Kehlkopfhöhle resultieren aus Veränderungen der Öffnung der Rima glottidis, der Rima vestibuli und des Kehlkopfeingangs (Abb. 8.212). Diese Veränderungen basieren auf Muskelkontraktionen.

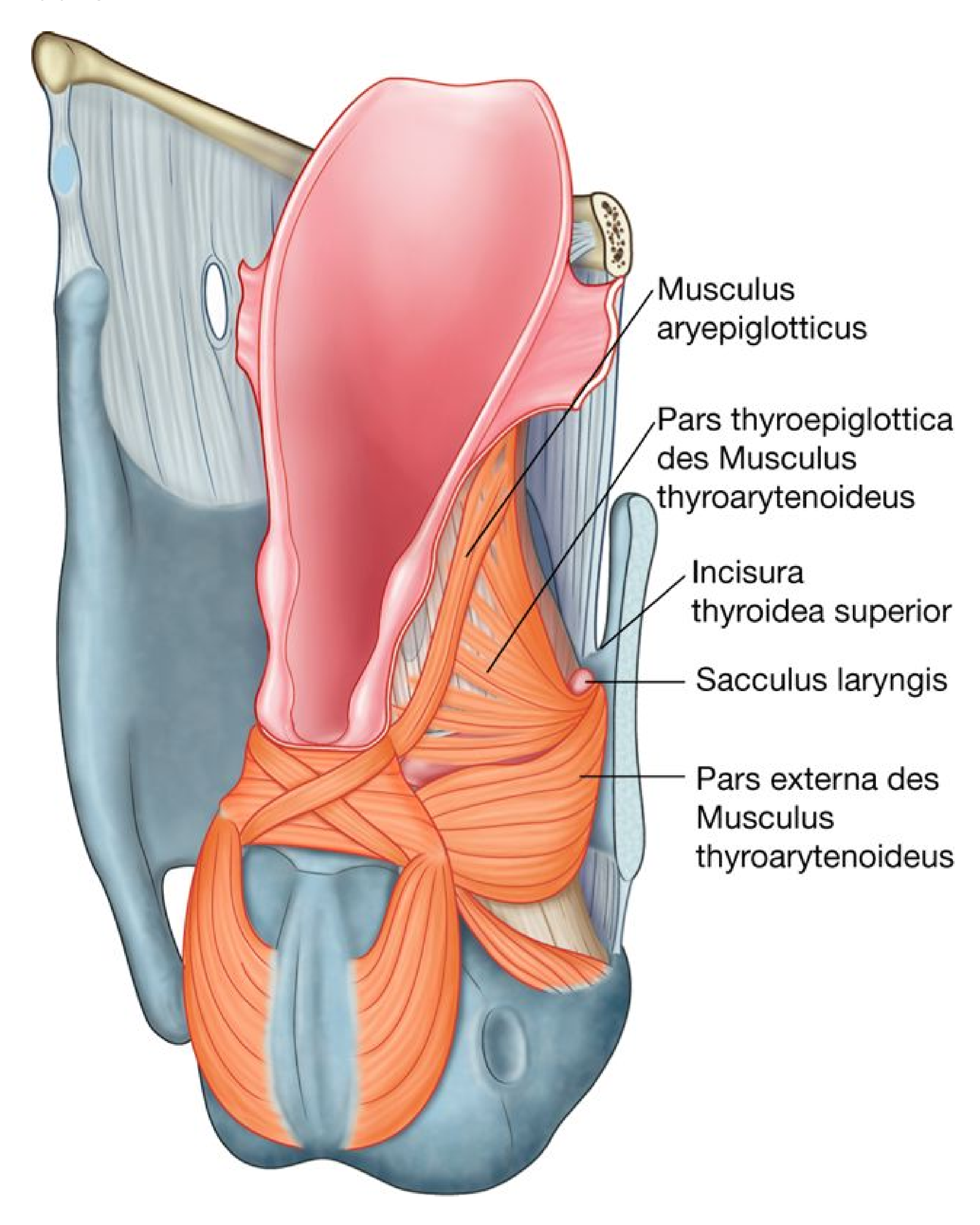
Respiration

Während der Ruheatmung sind der Kehlkopfeingang, das Vestibulum laryngis, die Rima vestibuli und die Rima glottidis geöffnet. Die Stellknorpel sind abduziert, und die Rima glottidis ist dreieckig (Abb. 8.212A). Bei forcierter Inspiration (Abb. 8.212B) werden die Stellknorpel hauptsächlich durch die Musculi cricoarytenoidei posteriores lateralwärts gedreht. Dadurch werden die Stimmfalten rhombenförmig und weit geöffnet; der Durchmesser des Luftzugang wird effektiv vergrößert.

Phonation – Stimmbildung

Bei der Phonation sind Stellknorpel und Stimmfalten adduziert, sodass die Luft durch die geschlossene Rima glottidis gepresst werden muss (Abb. 8.212C). Dies führt dazu, dass die Stimmfalten „in Schwingung versetzt werden“, gegeneinander vibrieren und Laute produzieren, die anschließend von den oberen Abschnitten der Luftwege und von der Mundhöhle modifiziert werden können. Die Spannung der Stimmfalten kann durch die Musculi vocales, cricothyroidei und Partes thyropharyngeae des Musculus constrictor pharyngis inferior verändert werden.

Abb. 8.211



Musculus thyroarytenoideus – Pars externa.

995

Abb. 8.212



Funktion des Kehlkopfs. **A**. Ruhige Atmung. **B**. Forcierte Inspiration. **C**. Phonation (Stimmbildung). **D**. Verschluss der Stimmritze. **E**. Schluckakt.

Verschluss der Stimmritze

Der Kehlkopf kann forciert verschlossen werden (Abb. 8.212D), wenn Luft im Thorax gehalten werden soll. Dies geschieht beispielsweise bei der Stabilisierung des Rumpfes, beim Anheben schwerer Gegenstände oder bei Erhöhung des intraabdominellen Drucks, beispielsweise im Rahmen der Defäkation. Bei forciertem Verschluss sind sowohl die Rima glottidis als auch die Rima vestibuli und der untere Bereich des Vestibulum laryngis komplett verschlossen. Auf diese Weise kommt es zu einem vollständigen und kräftigen Verschluss des Luftwegs.

Schluckakt

Beim Schluckvorgang werden die Rima glottidis, die Rima vestibuli und das Vestibulum laryngis verschlossen; der Kehlkopfeingang wird verengt. Zusätzlich bewegt sich der Kehlkopf vor-und aufwärts (durch Aktivität der supra-und infrahyalen Muskulatur). Dadurch wird die Epiglottis zu den Stellknorpeln heruntergezogen und verengt oder schließt so auf wirksame Weise den Kehlkopfeingang (Abb. 8.212E). Die Vor-und Aufwärtsbewegungen des Kehlkopfs öffnen gleichzeitig den Speiseröhreneingang, der am dorsalen Teil der Lamina cartilaginis cricoideae befestigt ist.

Die Vorgänge führen dazu, dass weder Speisebrei noch Flüssigkeiten noch Fremdkörper in den Eingang des Luftweges eintreten können, und erleichtern deren Passage durch den Sinus piriformis in den Oesophagus.

Klinik

Tracheotomie

Bei der Tracheotomie werden die Luftröhre eröffnet und ein Tubus eingeführt, um die Ventilation aufrechtzuerhalten.

In Notfällen wird die Tracheotomie meist im Rahmen von Atemwegsobstruktionen durchgeführt, wenn beispielsweise ein Fremdkörper inhaliert wurde und den oberen Atemweg versperrt, sich im Rahmen einer an-aphylaktischen Reaktion ein großes Ödem im oberen Atemweg ausbildet oder Kopf und Hals stark verletzt wurden.

In Notfällen können das Ligamentum cricothyroideum einfach palpiert und nach Schnittinzision eine schmale Kanüle eingeführt werden, um so einen Luftweg zu schaffen (Koniotomie). Die Standardsituation, in der eine Tracheotomie durchgeführt wird, findet in ruhiger Atmosphäre im Operationssaal statt. Dort werden im unteren Drittel der Vorderwand des Halses ein kleiner horizontaler Schnitt gesetzt, die infrahyale Muskulatur nach lateral gedrängt und die Trachea unterhalb der Schilddrüse dargestellt. Gelegentlich ist es nötig, den Schilddrüsenisthmus zu durchtrennen. Anschließend werden ein Teil des zweiten und dritten Trachealknorpels reseziert und eine kleine Trachealkanüle eingeführt.

Nachdem die Luftröhre eine entsprechende Zeit lang geöffnet war, kann die Kanüle einfach entfernt werden. Das Loch, in dem die Kanüle lag, schließt sich meist selbstständig wieder. Üblicherweise wird es aber chriurgisch verschlossen.

Patienten mit Langzeittracheostoma sind nicht in der Lage zu sprechen, da sie die Luft nicht durch ihren Kehlkopf ventilieren können. Es gibt allerdings verschiedene Möglichkeiten solchen Patienten zu helfen. Eine dieser Möglichkeiten ist eine sog. Sprechkanüle.

Gefäße

Arterien

Die Hauptblutversorgung des Larynx erfolgt über die Arteriae laryngeae superior und inferior (Abb. 8.213):

- Die **Arteria laryngea superior** entspringt nahe dem Oberrand der Cartilago thyroidea aus der Arteria thyroidea superior der Arteria carotis externa und begleitet den Ramus internus des Nervus laryngeus superior durch die Membrana thyrohyoidea, um in den Larynx zu gelangen. Sie kann auch als selbstständiges Gefäß aus der Arteria carotis externa, der Arteria lingualis oder der Arteria facialis abgehen. Ein wichtiger Ast zur Versorgung der Glottis ist der Ramus cricothyroideus, der aus der Arteria thyriodea superior hervorgeht und mit dem Ast der Gegenseite eine bogenförmige Arkarde vor dem Ligamentum cricothyriodeum bilden kann.
- Die **Arteria laryngea inferior** entspringt kaudal im Hals aus der Arteria thyroidea inferior, eines Abgangs des gemeinsam mit dem Nervus laryngeus recurrens in der Rinne zwischen Oesophagus und Trachea nach kranial verlaufenden Nerus laryngeus recurrens (inferior). Die Arterie gelangt gemeinsam mit dem Nervus laryngeus inferior in den Larynx, indem sie lateral unterhalb des Unterrandes des Musculus constrictor pharyngis inferior dorsal von der Articulatio cricothyroidea in den Raum zwischen Schildknorpelplatte und Ringknorpel eintritt. Sie versorgt die Musculi cricoarytenoidei posteriores sowie die Musculi arytenoidei. Zwischen oberer und unterer Kehlkopfarterie bestehen zahlreiche Anastomosen.

997

998

Venen

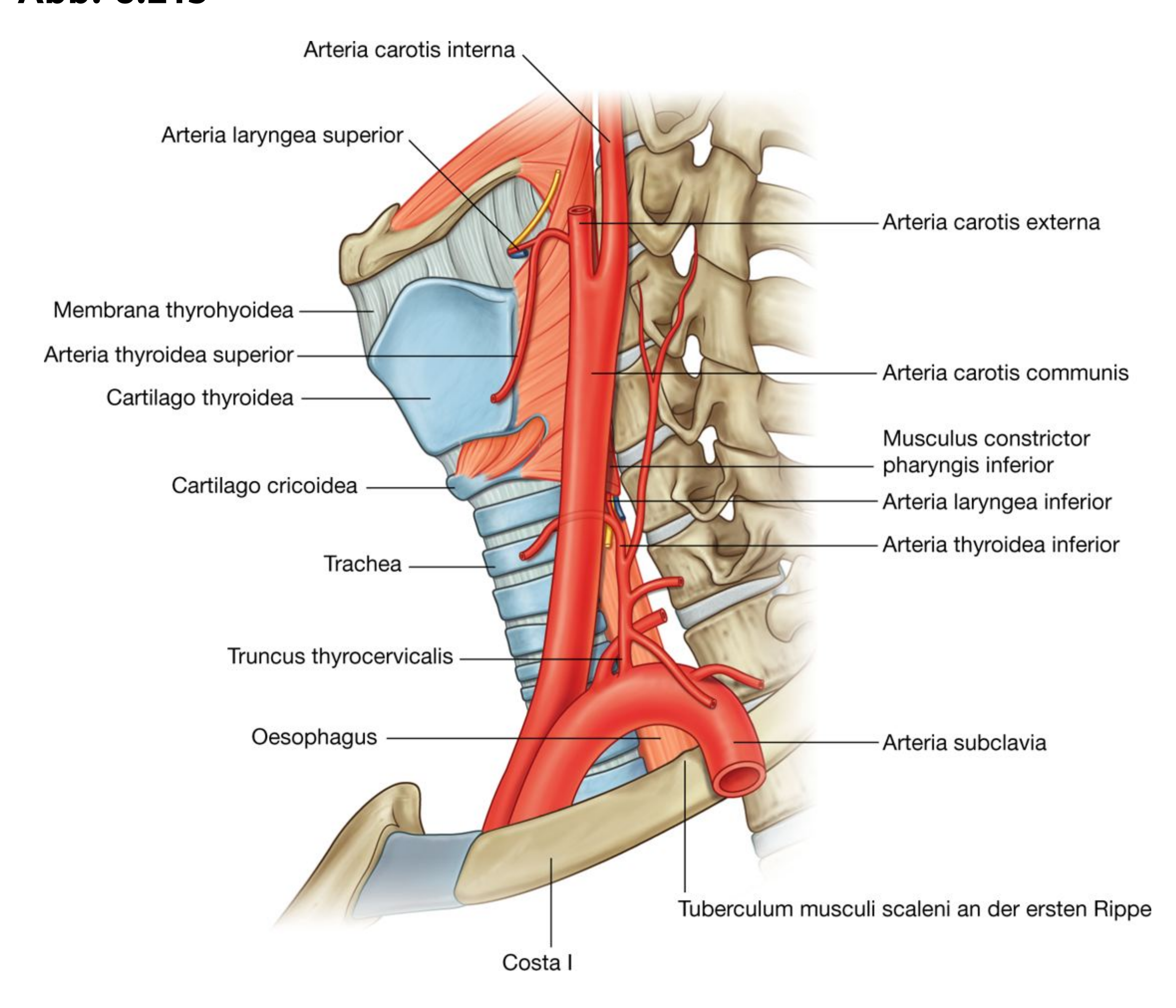
Die Venen, die den Larynx drainieren, begleiten die Arterien:

- Die **Vena laryngea superior** fließt in die Vena thyroidea superior ab, die ihrerseits in die Vena jugularis interna übergeht (Abb. 8.214).
- Die **Vena laryngea inferior** geht in die Vena thyroidea inferior über, die dann in die linke Vena brachiocephalica abfließt.

Lymphgefäße

Lymphgefäße drainieren die Regionen oberhalb und unterhalb der Plicae vocales:

Abb. 8.213



Arterielle Blutversorgung des Larynx, Ansicht von links lateral.

- Lymphgefäße oberhalb der Plicae vocales begleiten die Arteria laryngea superior und münden in Nodi lymphoidei cervicales profundi nahe der Bifurkation der Arteria carotis communis.
- Lymphgefäße unterhalb der Plicae vocales führen zu prälaryngealen (sog. Delphi-Lymphknoten) und zu tiefen Halslymphknoten, die in der Nähe der Arteria thyroidea inferior, vor dem Ligamentum cricothyroideum oder paratracheal lokalisiert sind.

Nerven

Die sensible und motorische Innervation des Larynx erfolgt über zwei Äste des Nervus vagus [X] – die Nervi laryngei superiores und die Nervi laryngei recurrentes (Abb. 8.215).

Nervus laryngeus superior

Der **Nervus laryngeus superior** entspringt jeweils kranial im Hals aus dem Ganglion inferius nervi vagi [X]. Er verlässt das Ganglion direkt oder zieht eine kleine Strecke mit dem

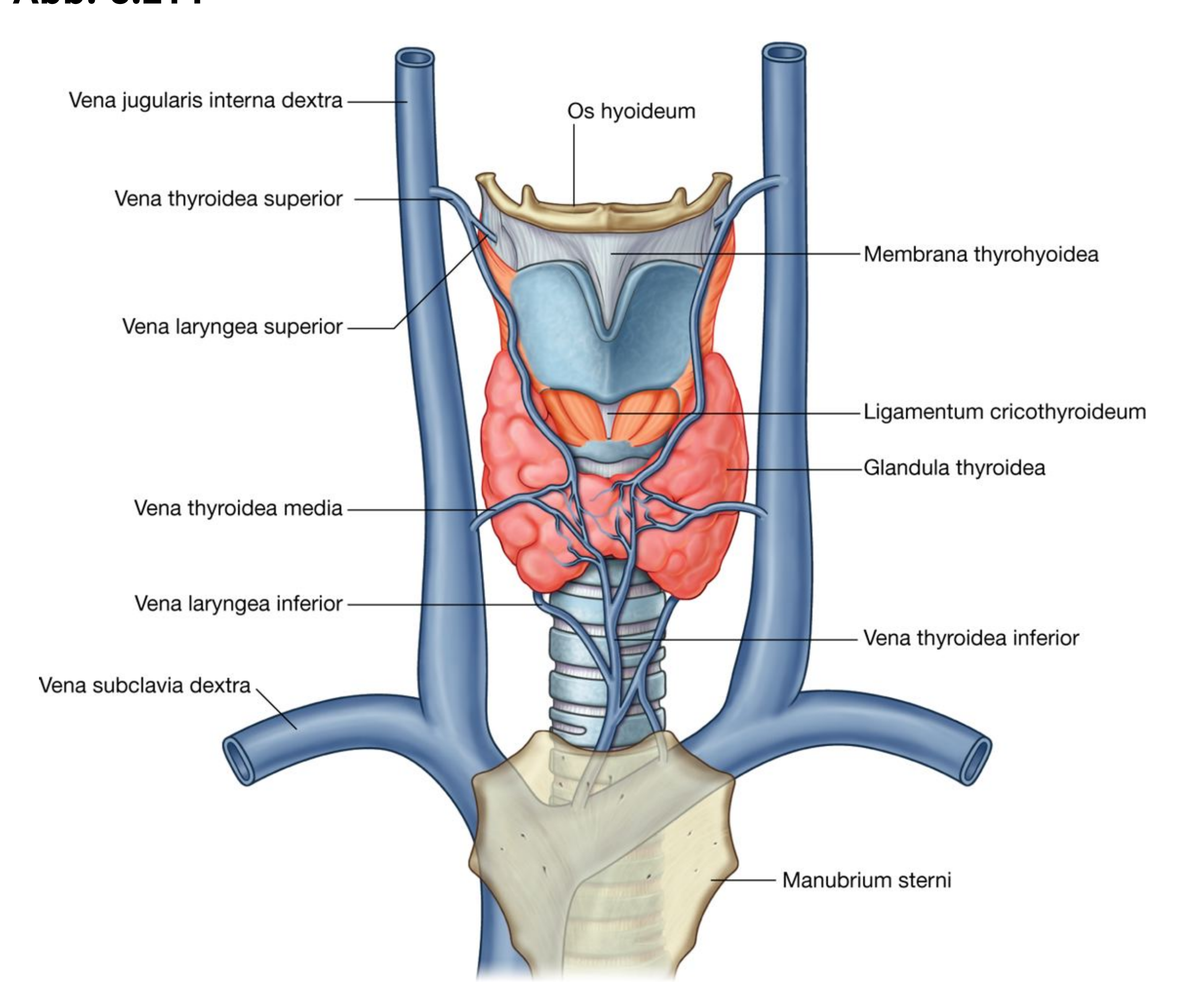
Hauptstamm des Nervus vagus. Sobald er zum Nervus laryngeus superior geworden ist, verläuft er nach mediokaudal, liegt den größten Teil seiner Verlaufsstrecke medial von der Arteria carotis interna, zieht weiter kaudalwärts und teilt sich oberhalb des Cornu superius ossis hyoidei jeweils in einen Ramus internus und einen Ramus externus:

998

999

- Der **Ramus externus** (Nervus laryngeus externus) zieht entlang der Seitenwand des Rachens kaudalwärts, um den Musculus constrictor pharyngis superior zu durchbrechen und zu innervieren und endet schließlich am Musculus cricothyroideus, den er ebenfalls innerviert.
- Der **Ramus internus** (Nervus laryngeus internus) verläuft in ventrokaudaler Richtung und durchbricht die Membrana thyrohyoidea – er innerviert die Kehlkopfstrukturen bis auf Höhe der Stimmfalten sensibel.

Abb. 8.214



Venöser Abfluss des Larynx, von vorn.

Nervus laryngeus recurrens

Die Nervi laryngei recurrentes werden in ihrem Endabschnitt zu den Nervi laryngei inferiores. Letztere innervieren

- innerhalb des Larynx alle Strukturen unterhalb der Plicae vocales sensibel
- alle Muskeln des Kehlkopfs mit Ausnahme des Musculus cricothyroideus motorisch.

Der linke Nervus laryngeus recurrens geht am Aortenbogen im Thorax aus dem Nervus vagus [X] ab, biegt nach dorsal und zieht um den Aortenbogen herum, um anschließend in der Rinne zwischen Trachea und Oesophagus zum Larynx zu ziehen. Der rechte Nervus laryngeus recurrens verlässt den Nervus vagus [X] im Bereich der Halsbasis, schlägt von vorn nach hinten um die Arteria subclavia herum und steigt ebenfalls in der Rinne zwischen Trachea und Oesophagus auf der rechten Seite zum Larynx auf (Abb. 8.215).

Nervus laryngeus inferior

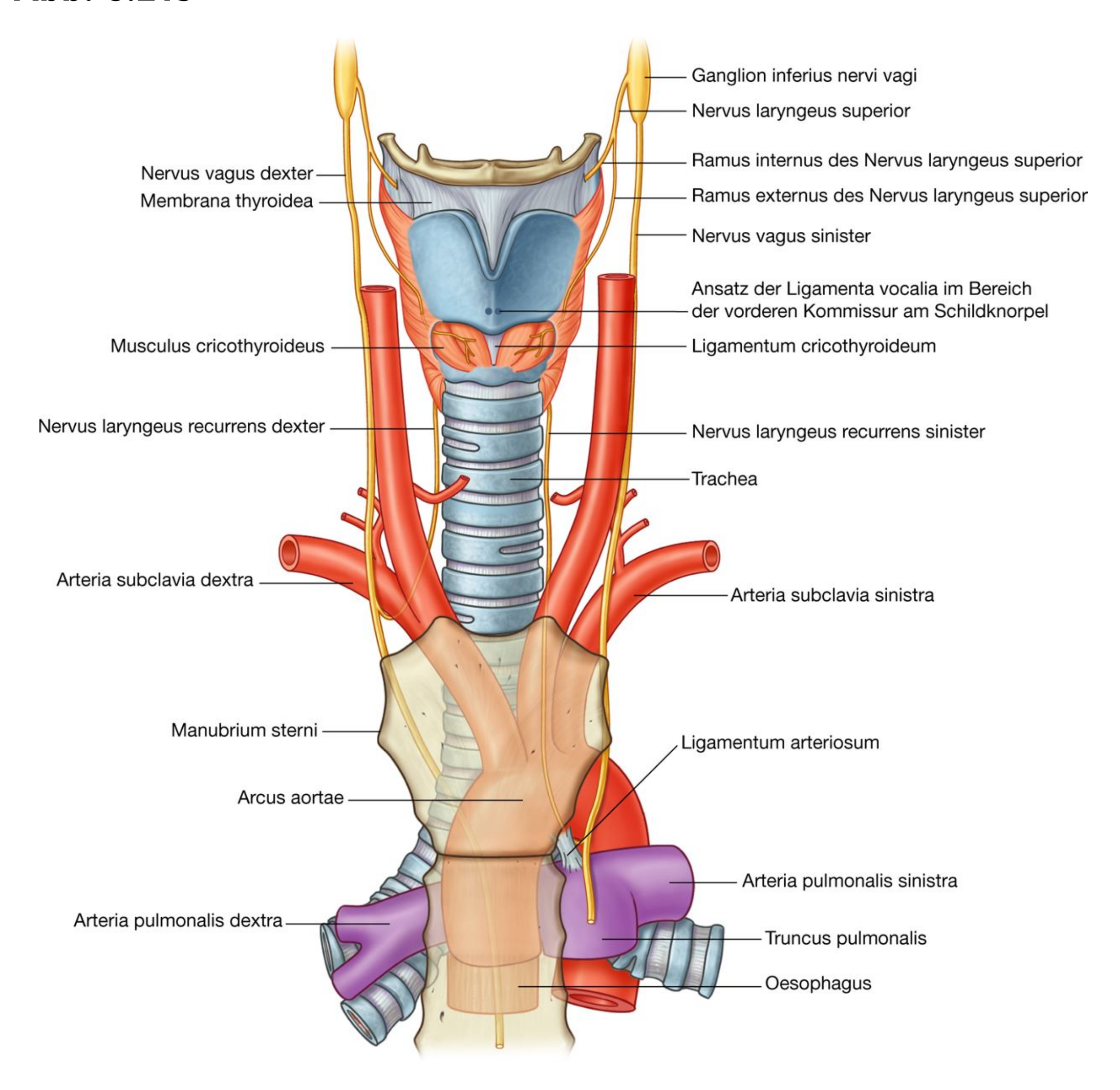
Der **Nervus laryngeus inferior** ist Endast des Nervus laryngeus recurrens. Er erreicht aus der Rinne zwischen Trachea und Oesophagus zwischen Cornu inferius des Schildknorpels und Musculus cricoarytenoideus posterior den Kehlkopf. Hier teilt er sich in einen Ramus anterior und einen Ramus posterior. Ferner zweigt ein Ramus communicans zum Nervus laryngeus superior ab (Galen-Anastomose).

- Der Ramus anterior innerviert die Musculi thyroarytenoideus und cricoarytenoideus lateralis.
- Der Ramus posterior dient der Innervation der Musculi cricoarytenoideus posterior sowie Musculus arytenoideus mit seinen beiden Anteilen.

999
1000

- Der Nervus laryngeus inferior innerviert die Schleimhaut der Subglottis, den oberen Teil der Trachea, den oberen Teil des Oesophagus und den Hypopharynx.

Abb. 8.215



Innervation des Larynx.

NASENHÖHLEN

Die beiden Nasenhöhlen gehören mit dem Pharynx zum oberen Respirationstrakt und enthalten die Riechsinneszellen (Riechfelder). Die Nasenhöhlen sind verlängerte keilförmige Räume mit jeweils einer großen Basis (Nasenboden) und engen kranialen Kuppeln (Abb. 8.216 und 8.217), die durch ein knöchernes Gerüst, das hauptsächlich aus Knochen und Knorpel besteht, ständig offen gehalten werden.

Die kleineren rostralen Regionen der Nasenhöhlen werden von der äußeren Nase umschlossen; die größeren dorsalen Räume liegen weiter zentral im Schädel. Die vorderen Öffnungen der Nasenhöhlen sind die Nasenlöcher (Nares), die sich an der Unterfläche der Nase befinden. Die dorsalen Öffnungen sind die Choanen, die sich in den Nasopharynx öffnen.

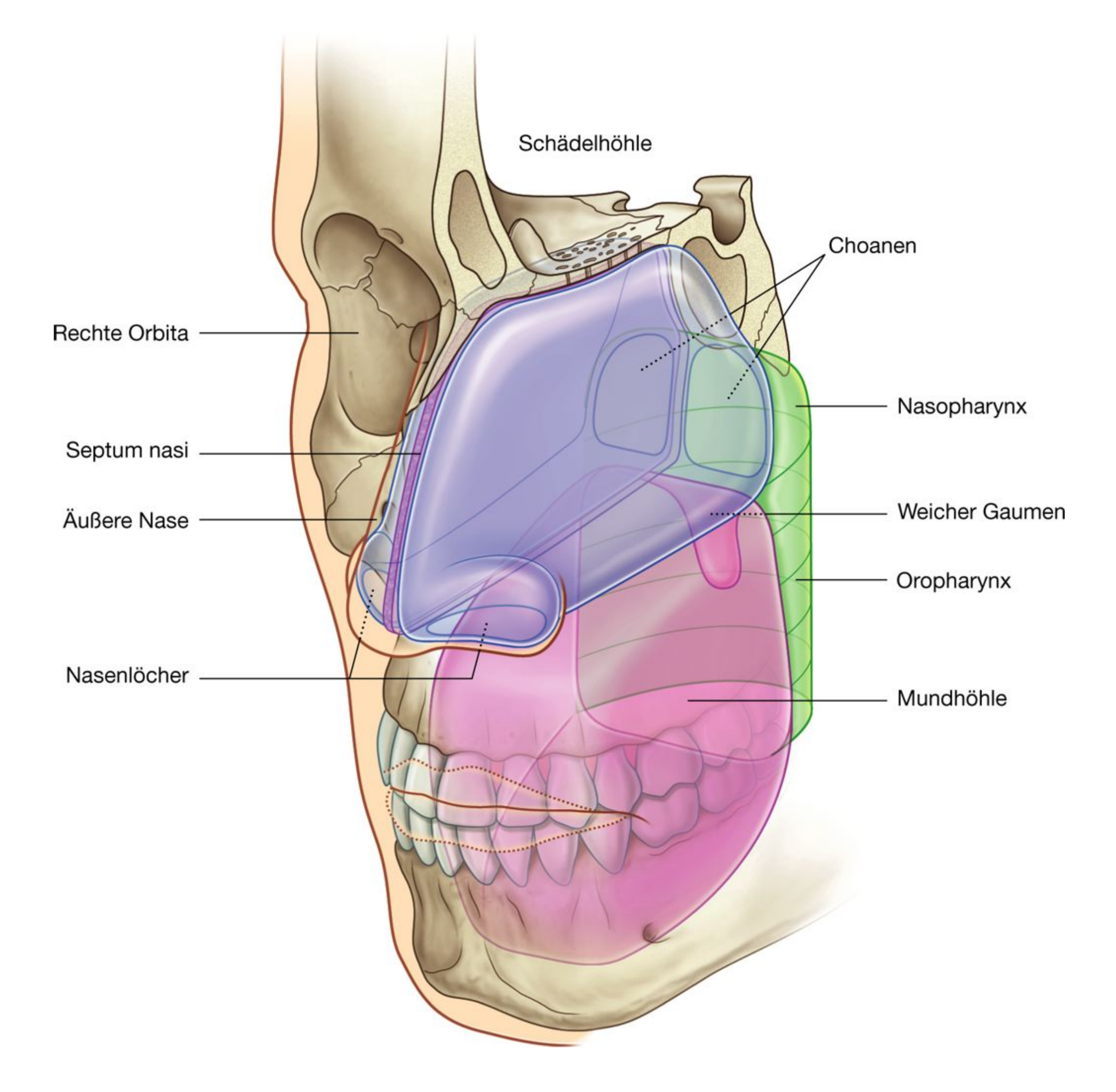
Die Nasenhöhlen sind getrennt:

- voneinander durch das in der Mittellinie liegende Nasenseptum
- von der Mundhöhle kaudal durch den harten Gaumen
- von der Schädelhöhle kranial durch Teile der Ossa frontale, ethmoidale und sphenoidale.

1000

1001

Abb. 8.216



Nasenhöhlen (ventrolaterale Ansicht). Lagebeziehungen zu anderen Räumen.

Lateral von den Nasenhöhlen befinden sich die Augenhöhlen (Orbitae).

Jede Nasenhöhle hat einen Boden, ein Dach sowie eine mediale und laterale Nasenwand (Abb. 8.217).

Laterale Nasenwand

Die laterale Nasenwand ist durch drei gekrümmte Knochenplatten (knöchernes Gerüst der Nasenmuscheln; Conchae) gekennzeichnet, die sich jeweils übereinander befinden und sich nach medial und kaudal in die Nasenhöhle vorwölben (Abb. 8.217B). Die medialen, rostralen und dorsalen Ränder der Nasenmuscheln (Chonchae) sind frei.

Die Nasenmuscheln teilen jede Nasenhöhle in vier Luftkanäle (Abb. 8.217C und D):

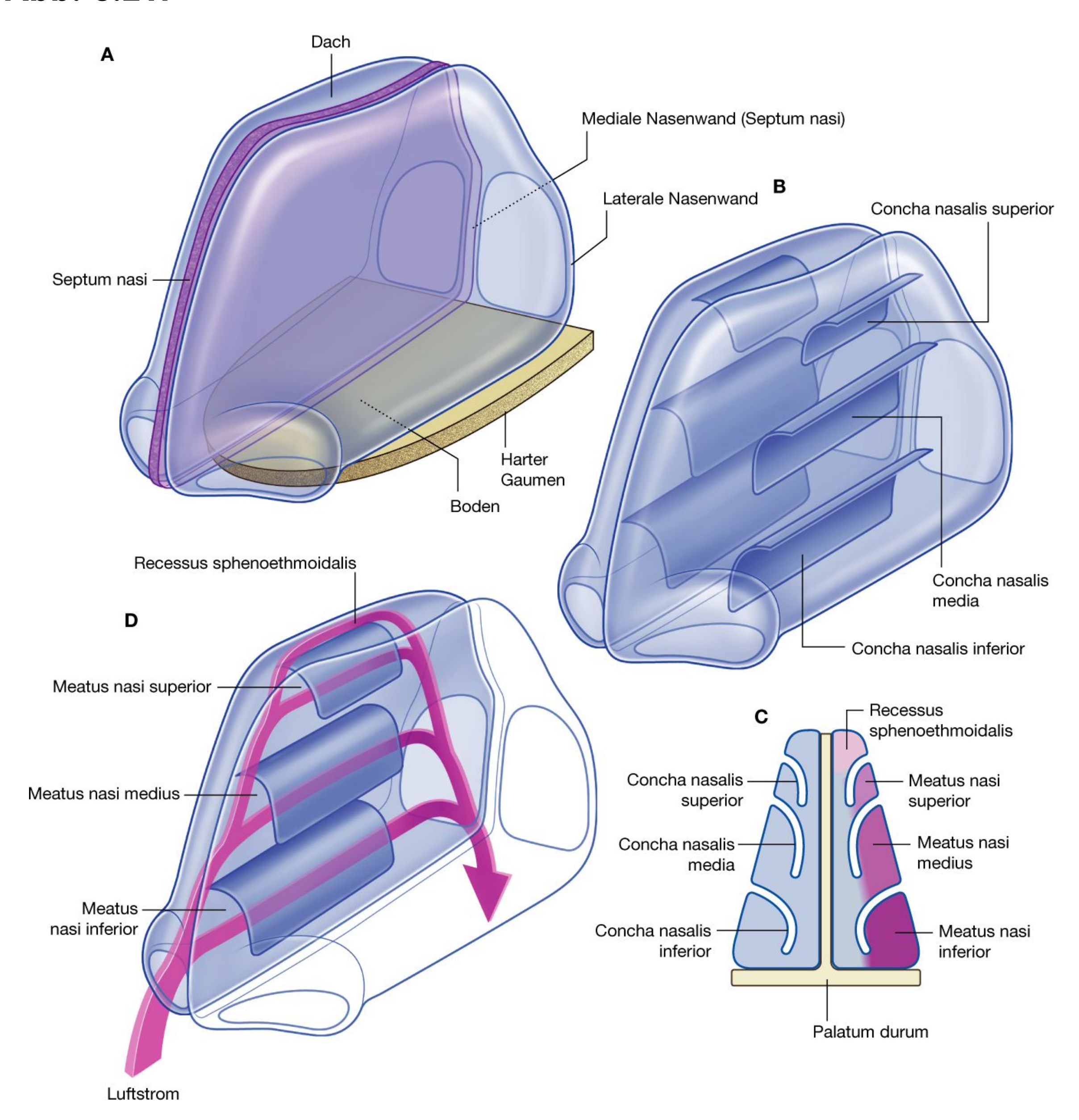
- einen **Meatus nasi inferior** (unteren Nasengang) zwischen der **Concha nasalis inferior** (untere Nasenmuschel) und dem Nasenboden
- einen **Meatus nasi medius** (mittleren Nasengang) zwischen Concha nasalis inferior und **Concha nasalis media** (mittlere Nasenmuschel)
- einen **Meatus nasi superior** (oberen Nasengang) zwischen Concha nasalis media und **Concha nasalis superior** (oberer Nasenmuschel)
- einen **Recessus sphenoethmoidalis** zwischen Concha nasalis superior und dem dorsalen Abschnitt des Nasenhöhlendachs kurz vor dem Sinus sphenoidalis (Keilbeinhöhle).

Die Nasenmuscheln vergrößern die Kontaktfläche zwischen der Schleimhaut der lateralen Nasenwand und der eingeatmeten Luft um ein Vielfaches.

Die Sinus paranasales (Nasennebenhöhlen) sind Erweiterungen der Nasenhöhle, die sich während der Kindheit und des frühen Erwachsenenalters in die umgebenden Knochen ausdehnen. Die genaue Funktion der Nasennebenhöhlen ist unbekannt. Man vermutet, dass durch die stattfindende Pneumatisation der umgebenden Knochen (Ausbildung der Nasennebenhöhlen) das Gewicht des Kopfes reduziert wird.

1001

Abb. 8.217



Nasenhöhlen. **A**. Boden, Dach und laterale Nasenwände. **B**. Nasenmuscheln an der lateralen Nasenwand. **C**. Frontalschnitt. **D**. Weg der Luft durch die rechte Nasenhöhle.

Außerdem soll die stark vaskularisierte Schleimhaut, die mit den Gefäßen der Schädelhöhle in Verbindung steht, bei der Temperaturregulation des Gehirns eine Rolle spielen. Die Nasennebenhöhlen sind wie die Cellulae mastoideae des Warzenfortsatzes belüftet. Die Öffnungen befinden sich in der lateralen Nasenwand und dem Dach der Nasenhöhlen (Abb. 8.218). Außerdem mündet der Ductus nasolacrimalis (Tränennasengang), der die Tränenflüssigkeit von der Augenoberfläche in die Nasenhöhle leitet, im Bereich der lateralen Nasenwand in die Nasenhöhle.

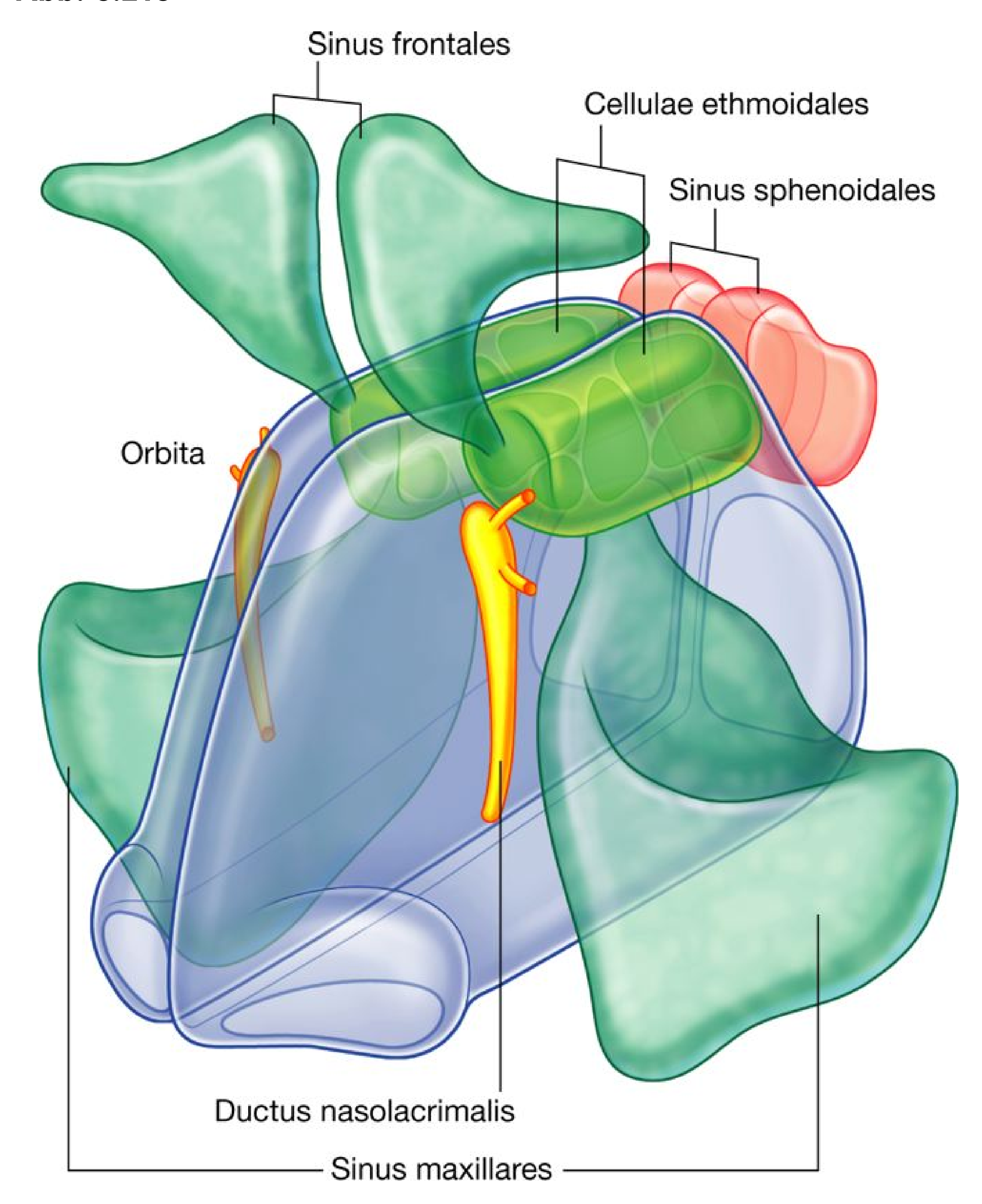
Regionen

Jede Nasenhöhle besteht aus drei Hauptregionen: dem Vestibulum nasi, der Regio respiratoria und der Regio olfactoria (Abb. 8.219).

1002
1003

- Das **Vestibulum nasi** (Naseneingang) ist ein kleiner erweiterter Raum direkt hinter den Nasenlöchern, der von Haut ausgekleidet ist und Haare (Vibrissae) enthält.
- Die **Regio respiratoria** nimmt den größten Teil der Nasenhöhle ein. Sie hat eine gute Gefäß- und Nervenversorgung und ist von respiratorischem Flimmerepithel ausgekleidet, das hauptsächlich aus Kinozilien tragenden Epithelzellen sowie aus Becherzellen besteht. Die Submukosa ist reich an seromukösen Drüsen (Glandulae nasales). Bemerkenswert ist die Gefäßarchitektur der Schleimhaut. Unter dem Epithel liegt ein Kapillargeflecht, aus dem das Blut in weitlumige Venengeflechte (sog. Kapazitätsvenen) der Mukosa abfließt. Das Gefäßsystem ist insbesondere an der mittleren und unteren Nasenmuschel zu Schwellkörpern (Corpora cavernosa nasi) erweitert. Mittels spezialisierter Sperrarterien und Drosselvenen können Blutzufluss und -abfluss und damit die Dicke der Schleimhaut reguliert werden. Diese nimmt auf die Durchgängigkeit der Nasenhöhle und auf den Luftstrom Einfluss. Für die Steuerung ist das vegetative Nervensystem verantwortlich.
- Die **Regio olfactoria** ist klein, befindet sich am Dach jeder Nasenhöhle direkt unterhalb der Lamina cribrosa und ist von Riechepithel bedeckt, das die Riechsinneszellen enthält.

Abb. 8.218



Nasennebenhöhlen und Ductus nasolacrimalis.

Außer dem Riechen dienen die Strukturen der Nasenhöhlen der Temperaturregulation, der Befeuchtung und der Reinigung der eingeatmeten Atemluft. Ein Kranz aus Haaren (Vibrissae) am Naseneingang (der besonders bei Männern gut ausgebildet sein kann) gehört zu einem rudimentären „Reusensystem“, dass dem Fernhalten von Fremdpartikeln und Insekten in der Atemluft dient.

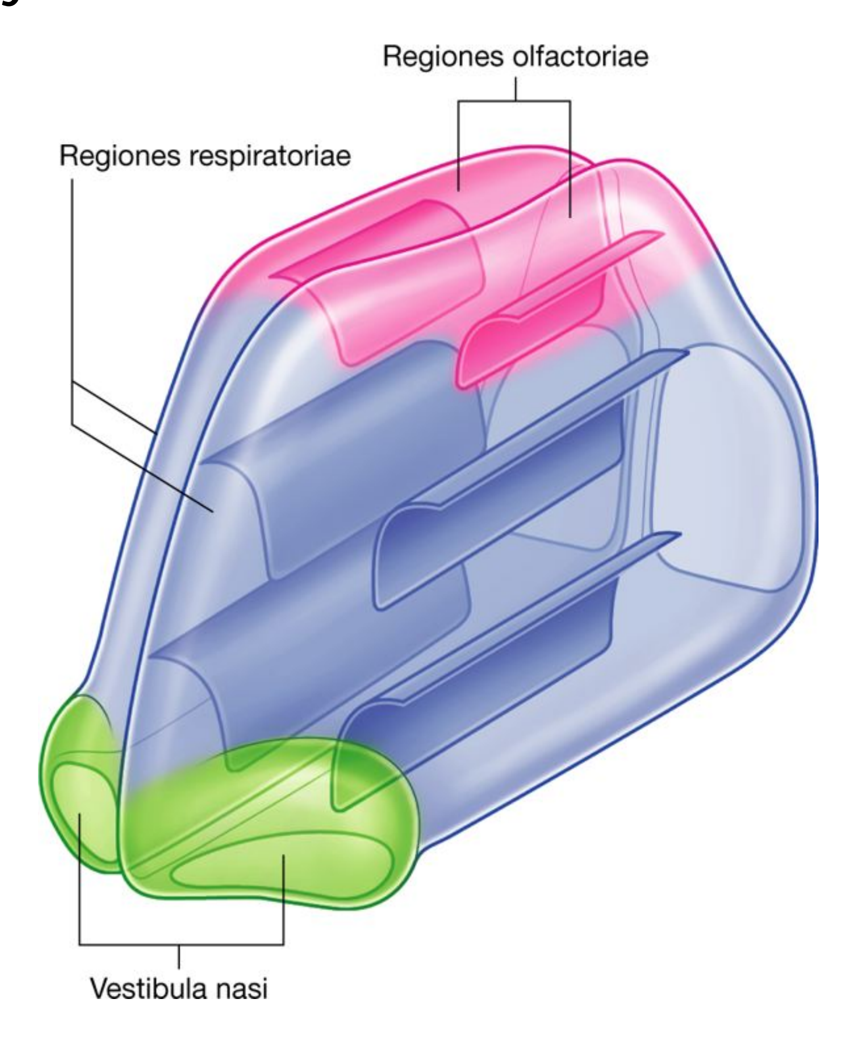
Innervation und Blutversorgung

Die Innervation der Nasenhöhlen erfolgt über drei Hirnnerven.

- Olfaktorische Informationen werden mit dem Nervus olfactorius [I] geführt.
- Die allgemein-sensible Innervation wird über den Nervus trigeminus [V], die der rostralen Region durch den Nervus ophthalmicus [V_1], die der dorsalen Region durch den Nervus maxillaris [V_2] vermittelt.
- Alle Drüsen werden von parasympathischen Fasern des Nervus facialis [VII] (via Nervus petrosus major) innerviert, der sich in der Fossa pterygopalatina Ästen des Nervus maxillaris anlegt.

Sympathische Fasern kommen vom Rückenmark aus Höhe Th1. Sie werden zum größten Teil im sympathischen Ganglion cervicale superius von prä- auf postganglionäre Fasern umgeschaltet. Die postganglionären Fasern erreichen die Nasenhöhlen mit den Blutgefäßen oder mit Ästen des Nervus maxillaris [V_2], denen sie sich in der Fossa pterygopalatina anlegen.

Abb. 8.219



Regionen der Nasenhöhlen.

Die Blutversorgung der Nasenhöhlen erfolgt über:

- Endäste der Arteria maxillaris und der Arteria facialis, die aus der Arteria carotis externa entspringen
- Arteriae ethmoidales anterior und posterior der Arteria ophthalmica, die aus der Arteria carotis interna abgehen.

Knöchernes Gerüst

Das knöcheren Gerüst der Nasenhöhlen besteht aus:

- den unpaaren Ossa ethmoidale, sphenoidale und frontale sowie dem Vomer (Pflugscharbein)
- den paarigen Ossa nasales, maxillares, palatinae und lacrimales sowie den Conchae nasales inferiores.

Von den am Aufbau der Nasenhöhlen beteiligten Knochen ist das Os ethmoidale der wichtigste.

Os ethmoidale

Das unpaare Os ethmoidale ist einer der am komplexesten gebauten Schädelknochen. Es ist am Aufbau des Nasendachs, der lateralen Nasenwand und der medialen Nasenwand beider Nasenhöhlen beteiligt und enthält die Cellulae ethmoidales (Siebbeinzellen).

Das Os ethmoidale ist in seiner Gesamtform würfelartig (Abb. 8.220A) und besteht auf jeder Seite aus einem rechtwinkligen kistenförmigen **Labyrinth**, das mit dem Gegenstück der anderen Seite oben an der Mittellinie durch eine durchlöcherte Knochenplatte **(Lamina cribrosa)** verbunden ist. Eine weitere Knochenplatte **(Lamina perpendicularis)** zieht vertikal von der Mittellinie der Lamina cribrosa kaudalwärts, um einen Teil des Nasenseptums zu bilden.

Jedes ethmoidale Labyrinth ist aus zwei zerbrechlichen Knochenplatten zusammengesetzt, die die Cellulae ethmoidales zwischen sich einschließen.

- Die laterale Knochenplatte **(Lamina orbitalis)** ist flach und bildet einen Teil der medialen Wand der Orbita.
- Die mediale Knochenplatte bildet den oberen Teil der lateralen Nasenwand der Nasenhöhle und ist durch zwei Fortsätze und eine Wölbung gekennzeichnet (Abb. 8.220B). Die beiden Fortsätze sind die gekrümmten Knochenleisten der Concha nasalis superior und Concha nasalis media, die durch die Nasenhöhle nach kaudal biegen und als freiliegende, nur von Schleimhaut überzogene, mediale Ränder enden. Unterhalb des Ursprungs der Concha nasalis media bildet eine vordere Siebbeinzelle an der medialen Wand des Labyrinths regelmäßig eine deutliche Ausbuchtung in die Nasenhöhle. Die Siebbeinzelle wird als **Bulla ethmoidalis** bezeichnet.

Direkt vor und unterhalb der Bulla ethmoidalis befindet sich eine sichelförmige Öffnung, der **Hiatus semilunaris**, der den Übergang zum **Infundibulum ethmoidale** schafft. Das Infundibulum ethmoidale erstreckt sich nach vorn oben, wird nach oben schmaler und bildet so einen Kanal, der durch das Siebbeinlabyrinth bis in den Sinus frontalis (Stirnhöhle) verläuft. Dieser Kanal ist der **Ductus nasofrontalis**. Er drainiert den Sinus frontalis und die vorderen Siebbeinzellen und führt Luft in und von der Stirnhöhle und den vorderen Siebbeinzellen. Embryologisch gesehen ist die Strinhöhle nichts anderes als eine große Siebbeinzelle, die sich weit bis in das Os frontale erstrecken kann.

Die kraniale Fläche des Siebbeinlabyrinths steht mit dem Os frontale in Verbindung, das normalerweise das Dach der Siebbeinzellen vervollständigt; die Vorderfläche des Siebbeinlabyrinths steht mit dem Processus frontalis der Maxilla und mit dem Os lacrimale in Verbindung. Die kaudale Fläche steht mit dem Oberrand der Maxilla in Verbindung.

Entlang einem großen Knochenfenster **(Hiatus maxillaris)** in der medialen Kieferhöhlenwand verläuft in dorsokaudaler Richtung ein feiner, unregelmäßig geformter knöcherener Vorsprung **(Processus uncinatus)** am vorderen Teil der Unterfläche des Siebbeinlabyrinths. Er steht mit der Concha nasalis inferior in Verbindung. Man muss sich den Prozessus uncinatus wie eine zu kleine Spanplatte vorstellen, die in ein großes Fenster eingesetzt wird. Sie erreicht nur an ihren Ecken den Rand des Fensters und ist hier befestigt. An allen Längsflächen der Spanplatte bleiben Spalten frei. Mit einer Ausnahme werden alle diese freien Spalten von Schleimhaut überdeckt, sodass die Kieferhöhle normalerweise nur einen Zu- und Ausgang hat. Dieser liegt kranial vorn im Bereich des Hiatus semilunaris. Die Kieferhöhle wird somit wie der Sinus frontalis und die Cellulae ethmoidales anteriores über den Hiatus semilunaris unterhalb der mittleren Nasenmuschel belüftet. Bleibt eine der anderen Öffnungen zwischen Spanplatte und Fensterrahmen offen, wird also nicht von Schleimhaut überkleidet, resultiert ein zweiter (oder weitere) Zugang zur Kieferhöhle. Solche Öffnungen bezeichnet man als Fontanellen. Sie kommen häufig vor.

Die Lamina cribrosa befindet sich im Dach der Nasenhöhlen, füllt die Incisura ethmoidalis des Os frontale aus (Abb. 8.220B) und trennt die Nasenhöhlen kaudal von der Schädelhöhle kranial. Kleine Löcher im Knochen ermöglichen den Riechfasern des Nervus olfactorius [I], zwischen den beiden Regionen durch die Schädelbasis zu treten.

Ein großer, dreieckiger Vorsprung **(Crista galli)** in der Mittellinie der Oberfläche der Lamina cribrosa ragt nach kranial in die Schädelhöhle und dient der Falx cerebri als Ansatz.

Die Lamina perpendicularis des Os ethmoidale ist viereckig, zieht von der Mittellinie der Lamina cribrosa nach kaudal und bildet den oberen Anteil des Nasenseptums (Septum nasi; Nasenscheidewand; Abb. 8.220B). Sie artikuliert

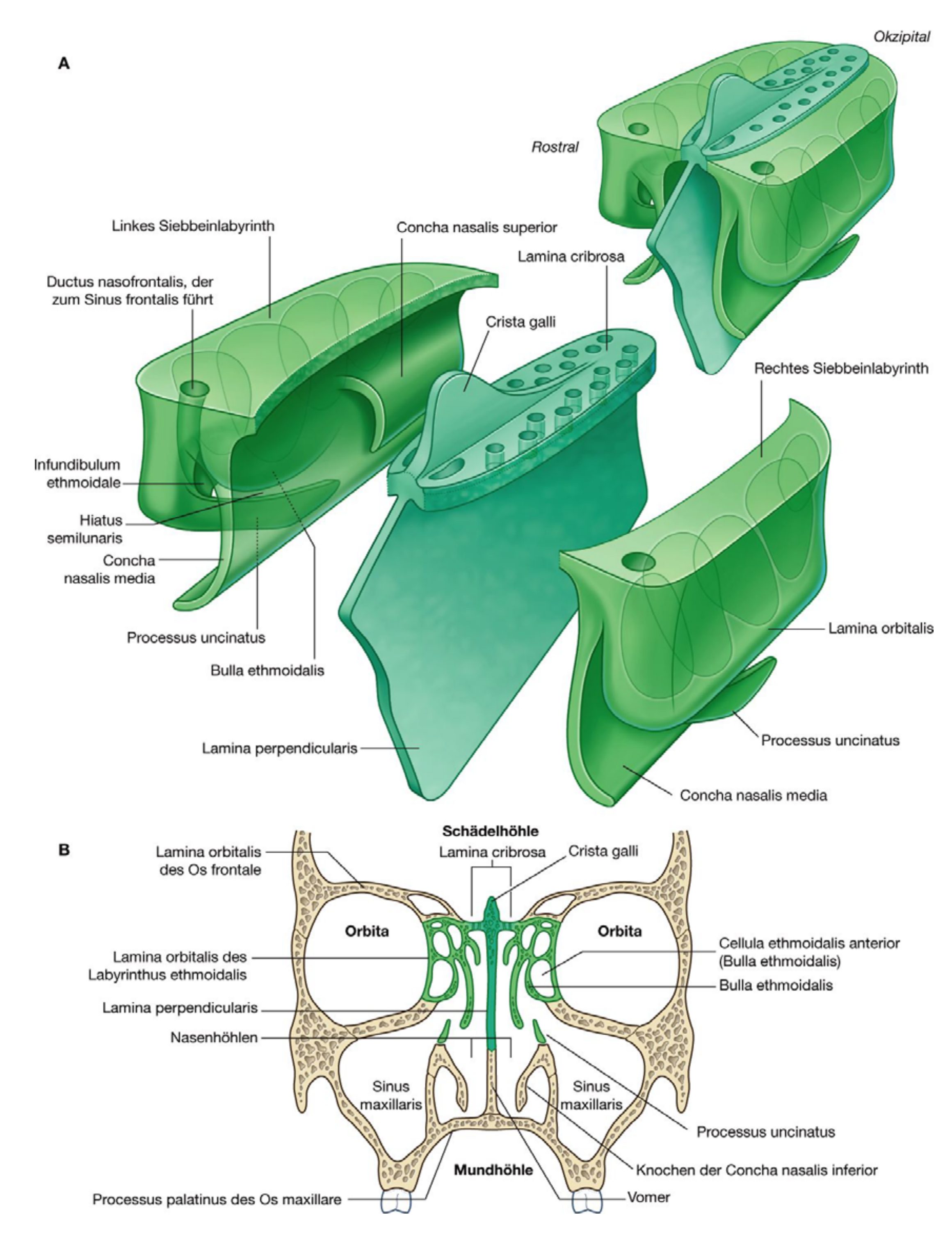
- dorsal mit der Crista sphenoidalis des Os sphenoidale
- rostral mit der Spina nasalis des Os frontale
- vorn unten mit dem Os lacrimale

- kaudal mit der Concha nasalis
- dorsal mit dem Os palatinum
- vorn und unten mit der Cartilago septi nasi
- hinten unten mit dem Vomer.

1004

1005

Abb. 8.220



Os ethmoidale. **A**. Gesamtform. **B**. Frontalschnitt durch den Schädel.

1005

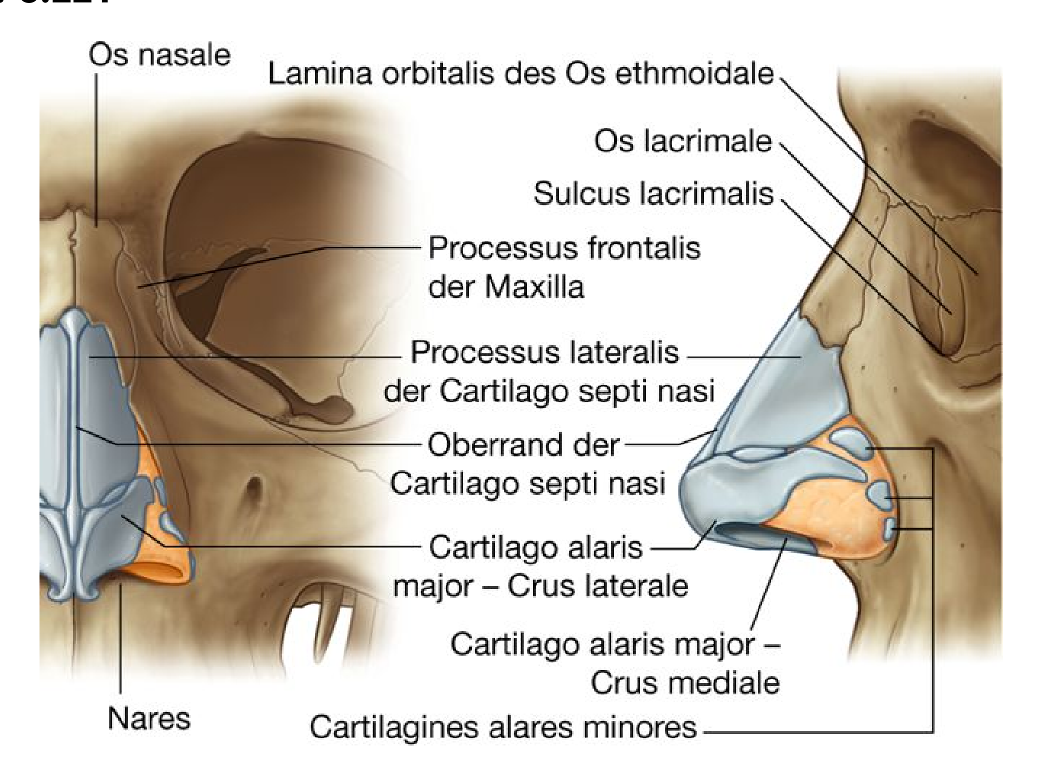
Äußere Nase

Die äußere Nase erstreckt sich von den Nasenhöhlen bis zur Vorderseite des Gesichts. Die Nasenlöcher weisen nach unten (Abb. 8.221). Die äußere Nase ist pyramidenförmig und zeigt mit ihrer Spitze nach vorn. Der obere Nasenwinkel zwischen den Orbitae setzt sich in die Stirn fort.

Vergleichbar den hinteren Nasenabschnitten werden auch die vorderen Anteile der Nasenhöhlen durch ein knöchernes Gerüst offen gehalten, das zum Teil aus Knochen, hauptsächlich aber aus Knorpel besteht.

- Die knöchernen Anteile befinden an den Stellen, an denen die äußere Nase an den Schädel grenzt – hier sorgen die Ossa nasalia (Nasenbeine) sowie Teile der Maxilla und des Os frontale für Halt.
- Im Bereich der Apertura piriformis (äußere knöcherne Nasenöffnung) setzt sich das knorpelige Nasenskelett nach außen fort. Es besteht aus den sich an die Ossa nasalia nach vorn anschließenden **Processus laterales** der Cartilago septi nasi, aus den beiden **Cartilagines alares majores** (Flügelknorpeln) mit jeweils einem Crus mediale und einem Crus laterale, drei oder vier **Cartilagines alares minores** sowie der Cartilago septi nasi, die medial den vorderen Teil der Nasenscheidewand bildet und mit dem Processus posterior weit nach dorsal zwischen die Lamina perpendicularis des Os ethmoidale und das Vomer reicht. Die hyalinen Knorpel sind untereinander und mit dem knöchernen Nasenskelett durch Bindegewebe verbunden.

Abb. 8.221



Äußere Nase.

Sinus paranasales

Die Sinus paranasales (Nasennebenhöhlen) sind luftgefüllte Räume, die von Schleimhaut ausgekleidet sind und mit den Nasenhöhlen in Verbindung stehen. Zu den Nasennebenhöhlen gehören die vorderen und hinteren Cellulae ethmoidales (Siebbeinzellen) auf beiden Seiten, der paarige Sinus sphenoidalis (Keilbeinhöhle), der paarige Sinus maxillaris (Kieferhöhle) und der paarigen Sinus frontalis (Stirnhöhle; Abb. 8.222A und B). Jede Nasennebenhöhle wird nach dem Knochen benannt, in dem sie sich befindet.

Die Nasennebenhöhlen entwickeln sich aus den Nasenhöhlen und wandern in die umliegenden Knochen ein. Man spricht von Pneumatisation der entsprechenden Knochen. Die Pneumatisation kann enorme Ausmaße annehmen, so beispielsweise bei Ausbildung eines Recessus supraorbitalis, der sich als stark vergrößerter Sinus frontalis weit nach okzipital über das Stirnhöhlendach ausdehnt. Eine Nasennebenhöhle kann aber auch fehlen (Nasennebenhöhlenaplasie). Für alle Sinus gilt:

- Sie sind von respiratorischem Flimmerepithel mit Becherzellen ausgekleidet.
- Sie besitzen eine Öffnung zu den Nasenhöhlen.
- Sie werden von Ästen des Nervus trigeminus [V] innerviert.

Sinus frontalis

Der paarige Sinus frontalis ist auf jeder Seite unterschiedlich groß und die am weitesten kranial liegende Nasennebenhöhle (Abb. 8.222A und B). Die Stirnhöhle ist beidseits dreieckig und Teil des Os frontale. Die Grundseite des Dreiecks befindet sich an der Mittellinie oberhalb der Nasenwurzel und ist vertikal dazu ausgerichtet. Die Spitze des Dreiecks zeigt nach lateral und befindet sich entlang dem Oberrand der Orbita ungefähr im ersten Drittel. Die Stirnhöhle kann sich als Recessus supraorbitalis weit nach okzipital über die Orbita ausdehnen. Sie ist meist gekammert, d.h., der Sinus wird durch kleine Knochensepten in verschiedene Kammern geteilt. Die einzelnen Kammern stehen über Foramina in den Knochensepten untereinander in Kontakt.

Jeder Sinus frontalis drainiert über den Ductus nasofrontalis, der durch das Siebbeinlabyrinth verläuft, in das Infundibulum ethmoidale und über dieses in den kranialsten Abschnitt des **Hiatus semilunaris** in der lateralen Nasenwand in die Nasenhöhle. Die Sinus frontales werden von Ästen des Nervus supraorbitalis des Nervus ophthalmicus [V_1] innerviert. Ihre Blutversorgung erfolgt durch Äste der Arteria ethmoidalis anterior.

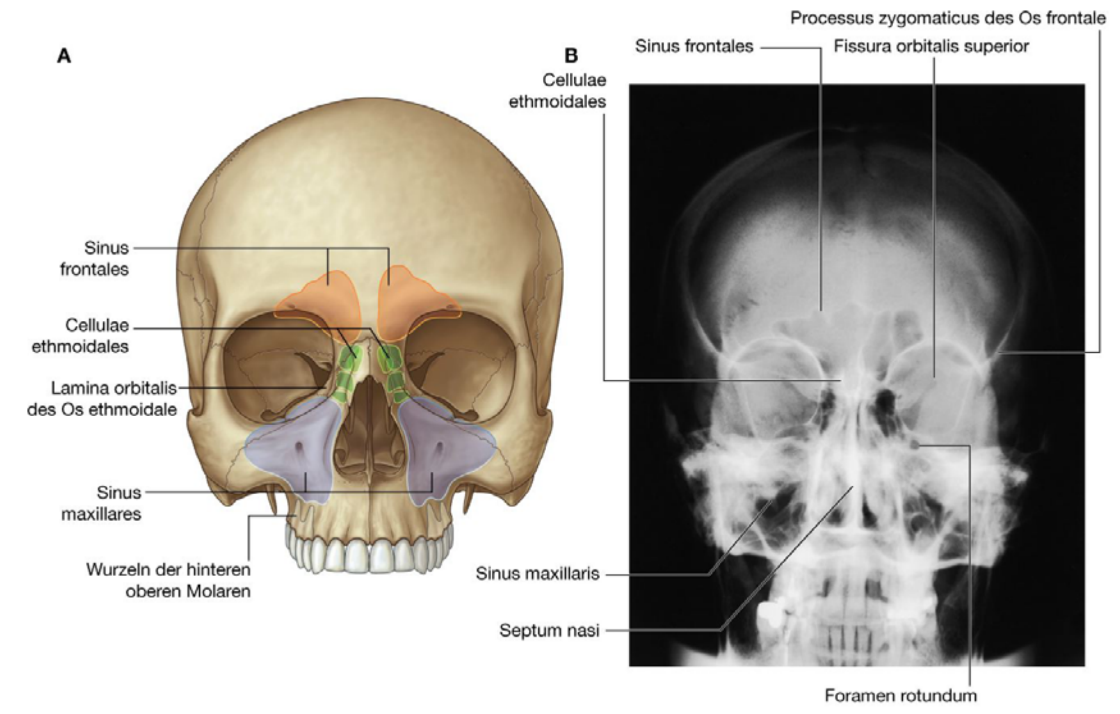
Cellulae ethmoidales

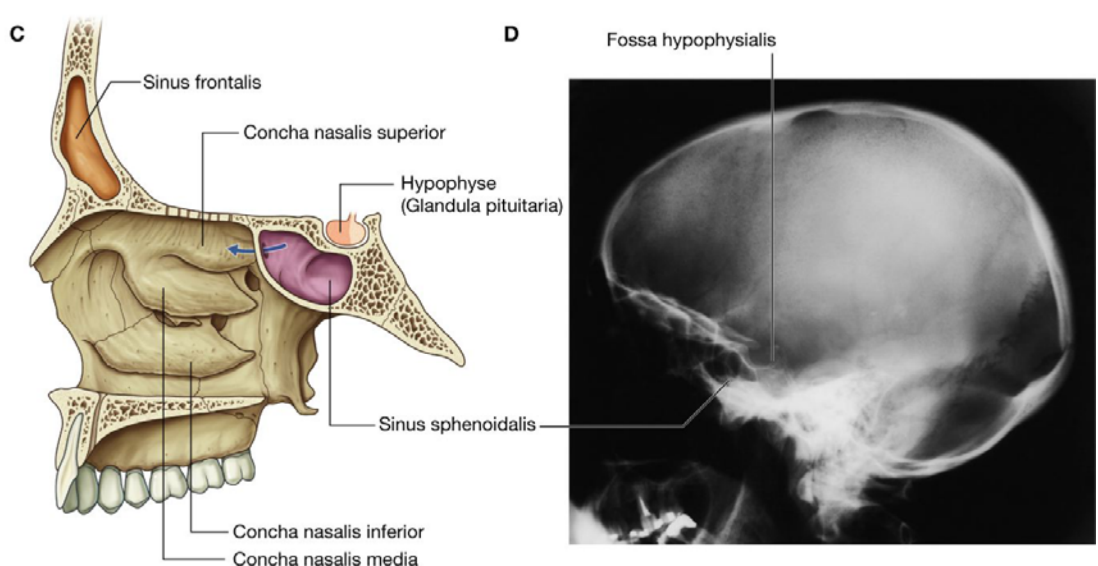
Die Cellulae ethmoidales liegen auf beiden Seiten im Siebbeinlabyrinth (Abb. 8.222A und B). Viele der Siebbeinzellen sind nur durch eine papierdünne Lamina orbitalis von der Orbita (Lamina papyracea) und durch die mediale Wand des Siebbeinlabyrinths von der Nasenhöhle getrennt.

1006

1007

Abb. 8.222





Nasennebenhöhlen. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Röntgenbild des Schädels, posteroanteriorer Strahlengang. **C**. Paramedianschnitt der rechten Nasenhöhle. **D**. Röntgenbild des Schädels von lateral.

1007
1008

Die luftgefüllten Cellulae ethmoidales bestehen aus einer unterschiedlichen Anzahl von Einzelzellen, die je nach Lage ihrer Öffnungen (Mündungen) im Bereich der lateralen Nasenwand in Cellulae ethmoidales anteriores und Cellulae ethmoidales posteriores eingeteilt werden:

- Die Cellulae ethmoidales anteriores öffnen in den Ductus nasofrontalis, zum Infundibulum ethmoidale, von dorsal zum Hiatus semilunaris (z.B. Bulla ethmoidalis) sowie zur lateralen Nasenwand direkt darüber.

- Die Cellulae ethmoidales posteriores öffnen zur lateralen Nasenwand des Meatus nasi superior.

Viele Lehrbücher unterscheiden außer vorderen und hinteren Siebbeinzellen noch mittlere Siebbeinzellen. Aus klinischer Sicht ist diese Einteilung allerdings nicht sinnvoll und wird auch nicht angewandt, da alle als vorderen Siebbeinzellen bezeichneten Cellulae ethmoidales letztlich in den Hiatus semilunaris oder direkt darüber und alle hinteren Cellulae ethmoidales in den oberen Nasengang öffnen.

Da die Cellulae ethmoidales oft auch in Knochen jenseits des Siebbeinlabyrinths einwachsen, können ihrer Wände komplett aus dem Os frontale, dem Os maxillare, dem Os lacrimale, dem Os sphenoidale und dem Os palatinum oder einer Kombination einzelner dieser Knochen bestehen. So wird eine sehr weit vorn (noch vor dem Ductus nasofrontalis), aber unterhalb des Sinus frontalis liegende Siebbeinzelle, die die Maxilla oder die Maxilla und das Os lacrimale pneumatisiert hat, als „Aggernasi-Zelle“ bezeichnet. Sie öffnet in den Ductus nasofrontalis. Eine vordere Siebbeinzelle, die den Boden der Orbita (Maxilla) pneumatisiert, ist eine Cellula ethmoidalis infraorbitalis oder „Haller-Zelle“. Eine hintere Siebbeinzelle, die das Dach der Nasenhöhle am Übergang vom Os ethmoidale in das Os sphenoidale hinein pneumatisiert und sich dadurch noch über den Sinus sphenoidalis schiebt, ist eine „Onodi-Zelle“.

Die Cellulae ethmoidales werden innerviert durch:

- **Nervi ethmoidales anteriores** und **posteriores** des Nervus nasociliaris des Nervus ophthalmicus [V_1]
- Rami orbitales des Nervus maxillaris [V_2] aus dem Ganglion pterygopalatinum.

Die Blutversorgung der Cellulae ethmoidales erfolgt aus Ästen der Arteriae ethmoidales anteriores und posteriores.

Sinus maxillaris

Der paarige Sinus maxillaris ist die größte Nasennebenhöhle und füllt das Corpus maxillae vollständig aus (Abb. 8.222A und B). Jeder Sinus maxillaris ist pyramidenförmig gebaut und zeigt mit der Spitze nach lateral und mit der Grundfläche in Richtung auf die laterale Nasenwand der benachbarten Nasenhöhle. Die mediale Wand (Grundfläche) des Sinus maxillaris wird von der Maxilla, von Teilen der Concha nasalis inferior sowie vom Os palatinum gebildet, die oberhalb des Hiatus maxillaris (Öffnung zum Hiatus semilunaris) liegen.

Die Öffnung des Sinus maxillaris befindet sich nahe der Spitze der Grundfläche im Zentrum des Hiatus semilunaris, der in der lateralen Nasenwand des mittleren Nasengangs verläuft.

Die Lagebeziehungen des Sinus maxillaris sehen folgendermaßen aus:

- Die kraniolaterale Fläche (Dach) grenzt oben an die Orbita.

- Die anterolaterale Fläche grenzt unten an die Wurzeln der oberen Molaren und Prämolaren sowie rostral an das Gesicht.
- Die Hinterwand liegt der Fossa infratemporalis an.

Die Sinus maxillares werden durch die Nervi infraorbitales und die Nervi alveolares des Nervus maxillaris [V_2] innerviert und durch Äste der Arteria infraorbitalis und der Arteria alveolaris superior aus der Arteria maxillaris arteriell versorgt.

Sinus sphenoidalis

Der meist paarig angelegte, aber oft nur durch ein dünnes Knochenseptum in zwei ungleich große Kammern geteilte Sinus sphenoidalis steht über eine Öffnung (Apertura sinus sphenoidalis) in seiner Vorderwand mit dem Recessus sphenoethmoidalis am Dach der Nasenhöhle in Verbindung (Abb. 8.222C und D).

Der Sinus sphenoidalis steht in folgender Beziehung:

- oben mit der Schädelhöhle, mit der Fossa hypophysialis (Hypophyse), mit dem Chiasma opticum, mit dem Canalis opticus und mit der Pars cavernosa der Arteria carotis interna
- seitlich mit der mittleren Schädelgrube, besonders mit dem Sinus cavernosus
- kaudal und rostral mit den Nasenhöhlen.

Da die Sinus sphenoidales nur durch dünne Knochenplatten von den Nasenhöhlen und der Hypophyse getrennt sind, kann die Hypophyse chirurgisch durch das Dach der Nasenhöhlen erreicht werden, indem man zuerst durch den vorderen unteren Teil des Os sphenoidale in die Sinus sphenoidales eingeht und dann durch die Spitze des Os sphenoidale in die Fossa hypophysialis gelangt. Allerdings ist dabei zu beachten, dass der Sinus sphenoidalis von den Nervi optici und den Arteriae carotides internae ebenfalls nur durch dünne Knochenwände, die manchmal auch ganz fehlen können (dann sind die Strukturen nur durch Schleimhaut voneinander separiert), getrennt sind. Dadurch besteht bei Operationen im Bereich der Keilbeinhöhle immer die Gefahr, in den Canalis opticus (Patient erblindet) oder über das Tuberculum arteriae carotidis internae in die Arteria carotis interna (Patient verblutet) einzubrechen.

1008
1009

Die Innervation der Sinus sphenoidales erfolgt durch:

- den Nervus ethmoidalis posterior des Nervus ophthalmicus [V_1]
- den Nervus maxillaris [V_2] durch Rami orbitales aus dem Ganglion pterygopalatinum.

Die Sinus sphenoidales werden arteriell von Ästen der Arteriae ethmoidales posteriores, sphenopalatinae sowie Rami pharyngeales der Arteriae maxillares versorgt.

Wände, Boden, Dach

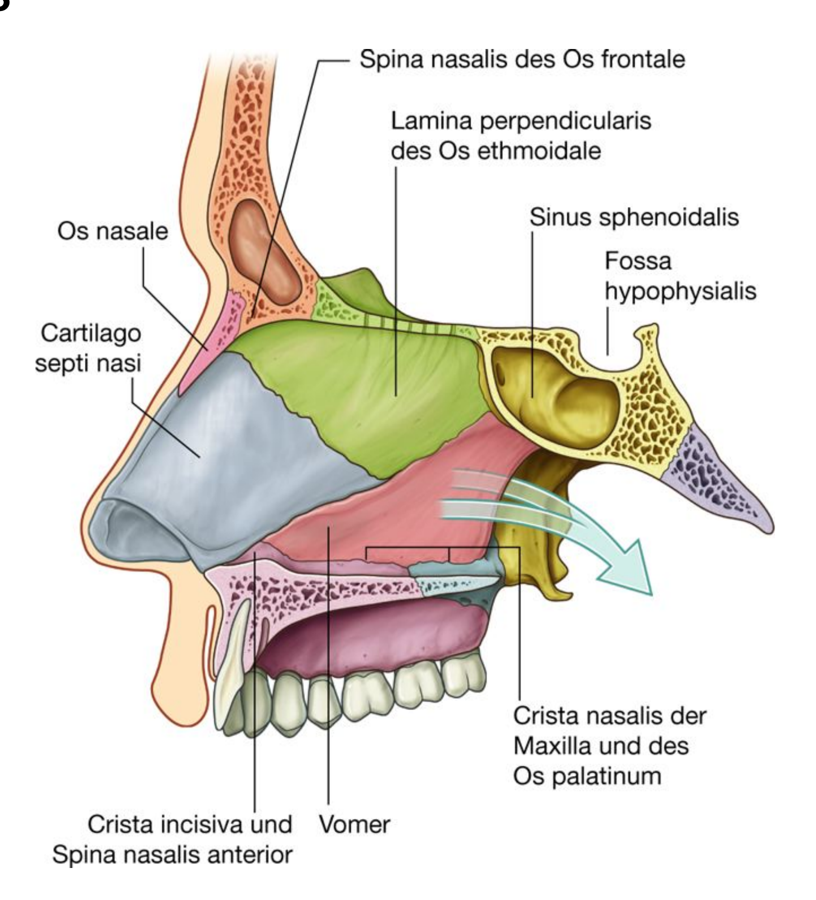
Mediale Wand

Die mediale Nasenwand jeder Nasenhöhle ist die mit Schleimhaut bedeckte Oberfläche der Nasenscheidewand, die senkrecht in der Mediosagittalebene steht und rechte und linke Nasenhöhle voneinander trennt.

Die Nasenscheidewand (Abb. 8.223) besteht

- aus der **Cartilago septi nasi** vorn sowie dem sich vom Septumknorpel nach dorsal zwischen Lamina perpendicularis ossis ethmoidalis und Vomer fortsetzenden Processus posterior der Cartilago septi nasi, der mit fortschreitendem Lebensalter von dorsal nach rostral langsam verknöchert
- dorsal überwiegend aus dem Vomer und der Lamina perpendicularis des Os ethmoidale
- zu einem kleinen Teil aus den Ossa nasalia (der Bereich, in dem sie in der Mittellinie aufeinandertreffen) sowie aus der Spina nasalis superior des Os frontale
- aus Anteilen der Maxillae, die vorn die Spina nasalis anterior bilden, sowie des Os palatinum, dem Rostrum sphenoidale und der Crista incisiva maxillae.

Abb. 8.223



Mediale Wand der Nasenhöhle – Nasenscheidewand.

Boden

Der Boden jeder Nasenhöhle (Abb. 8.224) ist glatt, konkav und viel breiter als das Dach. Er besteht

- vorn aus dem knorpligen Nasenskelett der äußeren Nase
- aus der Oberfläche des Processus palatinus der Maxilla und der Lamina horizontalis des Os palatinum, die zusammen den harten Gaumen bilden.

Die Nasenlöcher öffnen vorn am Boden. Die Öffnung des Canalis incisivus befindet sich tief in der Nasenschleimhaut direkt lateral der Nasenscheidewand und nahe der Vorderseite des harten Gaumens.

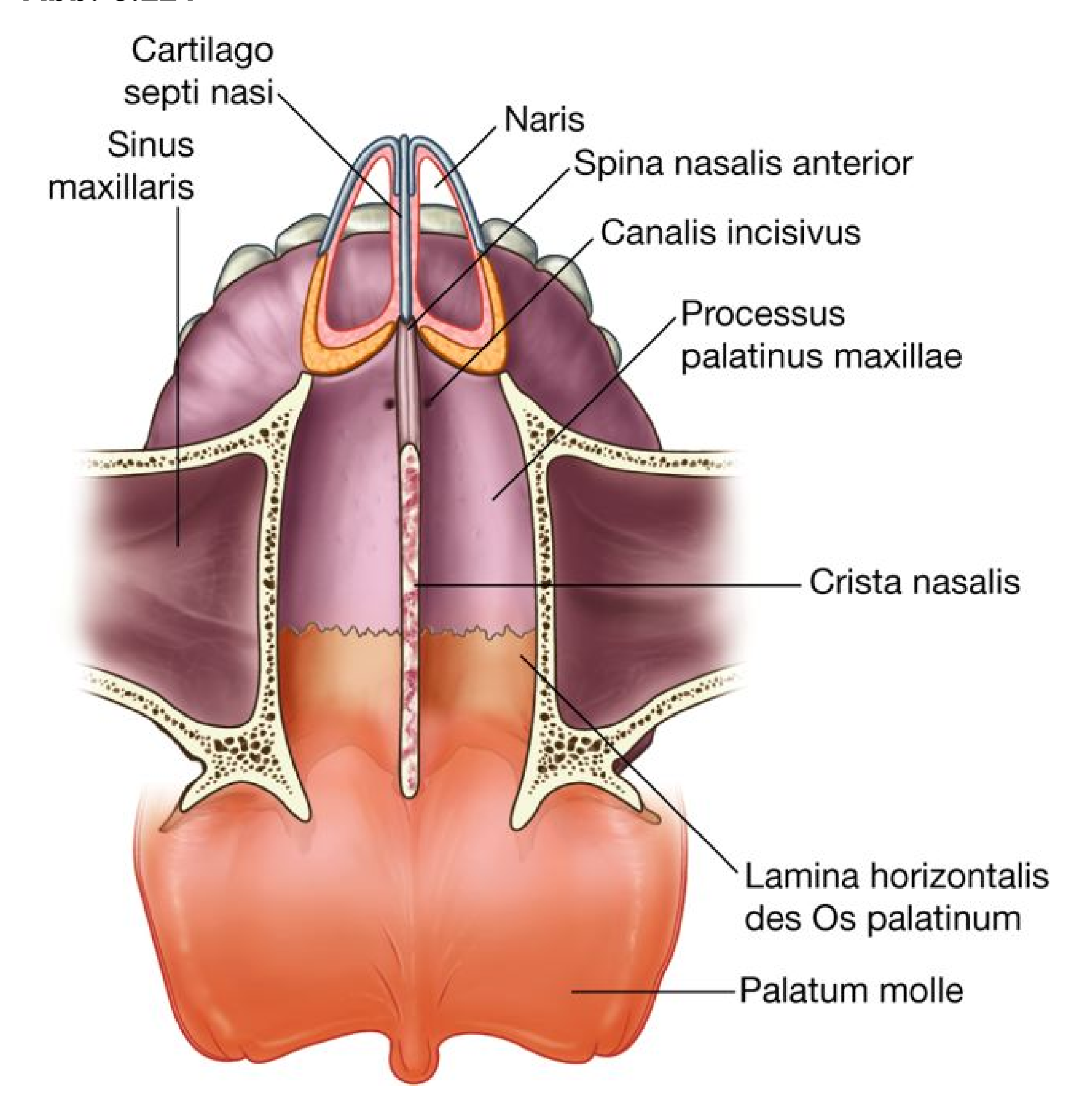
Dach

Das Dach der Nasenhöhle ist eng und in der Mitte, in der es von der Lamina cribrosa des Os ethmoidale gebildet wird, am höchsten (Abb. 8.225).

Vor der Lamina cribrosa senkt sich das Dach zu den Nasenlöchern nach kaudal ab und wird gebildet von

- der Spina nasalis des Os frontale sowie den Ossa nasalia
- den Processus laterales der Cartilago septi nasi sowie von den Cartilagines alares der äußeren Nase.

Abb. 8.224



Boden der Nasenhöhle, Ansicht von oben.

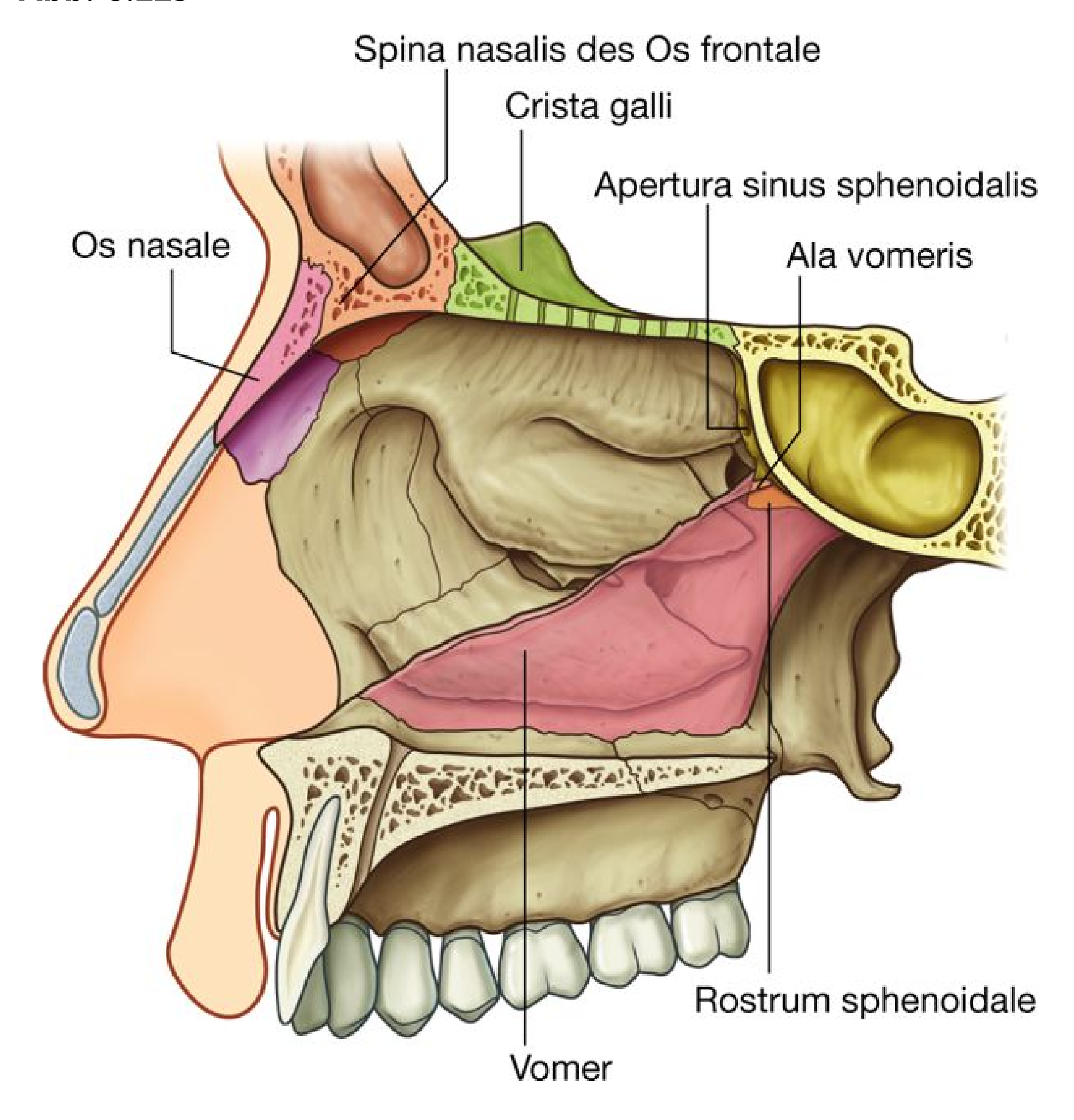
1009

1010

Dorsal senkt sich das Dach jeder Nasenhöhle nach kaudal zu den Choanen ab und wird gebildet von

- der Vorderfläche des Os sphenoidale
- den kleinen Flügeln des Vomer (Alae vomeris) sowie vom benachbarten Processus sphenoidalis des Os palatinum
- dem Processus vaginalis der Lamina medialis processus pterygoidei.

Abb. 8.225



Dach der Nasenhöhle.

Das Riechepithel bedeckt das Dach der Nasenhöhlen im Bereich der Lamina cribrosa von kaudal. Das Dach wird außer von den Nervi olfactorii von einem vor der Lamina cribrosa liegenden separaten Durchgang für den Nervus ethmoidalis anterior und den dazugehörigen Gefäßen perforiert.

Die Öffnung zwischen dem Sinus sphenoidalis und dem Recessus sphenoethmoidalis (Apertura sinus sphenoidalis) befindet sich im dorsalen Bereich des Dachs vor der Keilbeinhöhle.

Laterale Nasenwand

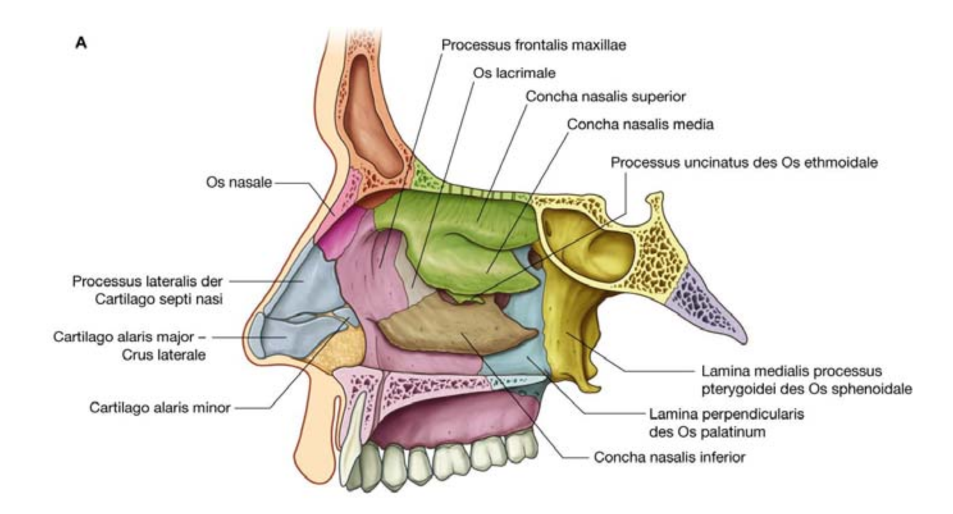
Die laterale Nasenwand jeder Nasenhöhle hat einen komplexen Aufbau und besteht aus Knochen, Knorpel und Weichgewebe.

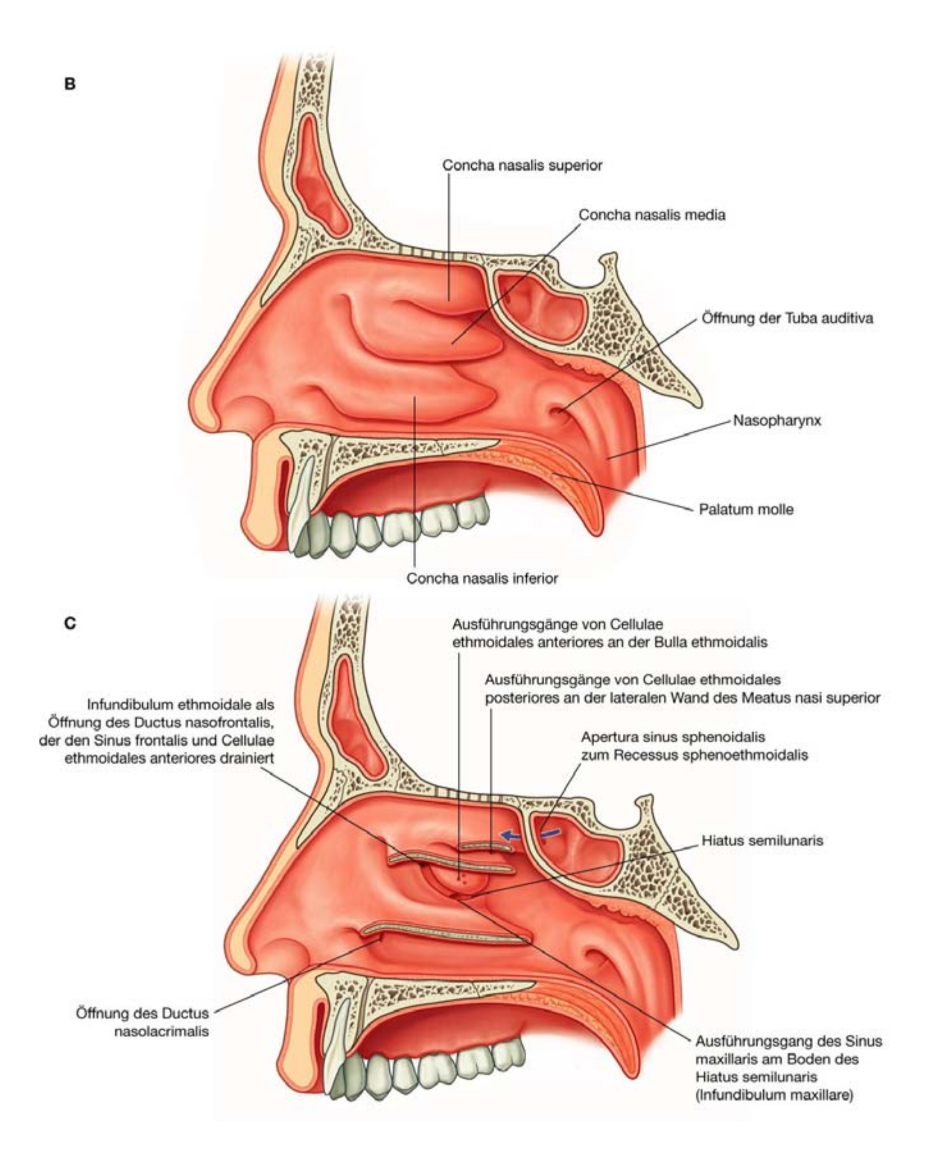
Die am Aufbau beteiligten Knochen (Abb. 8.226A) sind:

- das Labyrinth des Os ethmoidale und der Processus uncinatus des Os ethmoidale
- die Lamina perpendicularis des Os ethmoidale und das Os palatinum
- die Lamina medialis processus pterygoidei des Os sphenoidale
- die mediale Oberfläche des Os lacrimale und der Maxilla
- die Concha nasalis inferior.

Der laterale Anteil der äußeren Nase wird von Knorpel (Processus lateralis der Cartilago septi nasi, Crus mediale der Ala major sowie Cartilagines minores) und von Bindegewebe gebildet. Die Oberfläche der lateralen Nasenwand ist ungleichmäßig geformt und von drei Nasenmuscheln unter-brochen.

Abb. 8.226





Laterale Nasenwand der Nasenhöhle. **A**. Knochen.

Laterale Nasenwand der Nasenhöhle. **B**. Mit Schleimhaut bedeckt. **C**. Am Ansatz an der lateralen Wand abgetrennte Nasenmuscheln.

Die Conchae nasales inferiores, mediae und superiores (Abb. 8.226B) wölben sich von der lateralen Nasenwand jeweils in die Nasenhöhlen nach medial vor und teilen diese dabei in vier Luftkanäle, einen Meatus nasi inferior (unterer Nasengang), einen Meatus nasi medius (mittlerer Nasengang), einen Meatus nasi superior (oberer Nasengang) und in den Bereich des Riechfeldes am Dach der Nasenhöhle, das dorsal zum Recessus sphenoethmoidalis führt. Die Nasenmuscheln erstrecken sich bis in den Bereich der äußeren Nase. Das rostrale Ende jeder Nasenmuschel ist nach kaudal gebogen und bildet so einen Vorderrand über dem darunte liegenden zugehörigen Meatus nasi.

Direkt unterhalb der Befestigung der Concha nasalis media und direkt vor dem Mittelpunkt der mittleren Nasenmuschel wird die laterale Nasenwand in den Meatus nasi medius durch die Bulla ethmoidalis (eine vordere Siebbeinzelle) vorgewölbt (Abb. 8.226C). Die Bulla ethmoidalis kommt meist vor, es gibt aber zahlreiche Varianten.

Kaudal von der Bulla ethmoidalis befindet sich eine sichelartige Furche (Hiatus semilunaris), die von der Schleimhaut der lateralen Wand begrenzt wird. Der Hiatus semilunaris erzeugt eine Lücke in der knöchernen Wand zwischen Bulla ethmoidalis oben und Processus uncinatus darunter.

Das vordere und kraniale Ende des Hiatus semilunaris bildet einen Kanal (das Infundibulum ethmoidale), der sich in seiner Fortsetzung als Ductus nasofrontalis nach kranial windet, durch den vorderen Teil des Siebbeinlabyrinths verläuft und im Sinus frontalis endet. In den Ductus nasofrontalis öffnen sich zahlreiche vordere Siebbeinzellen.

Der Tränennasengang und die meisten Nasennebenhöhlen haben ihre Ausführungsgänge an der lateralen Nasenwand der Nasenhöhle:

- Der Ductus nasolacrimalis mündet an der lateralen Nasenwand des Meatus nasi inferior unter dem Vorderrand der Concha nasalis inferior. Er leitet Tränenflüssigkeit aus dem Saccus lacrimalis der ableitenden Tränenwege in die Nasenhöhle und entspringt am unteren Teil des Saccus lacrimalis im Bereich der vorderen und medialen Wand der Orbita.
- Der Sinus frontalis drainiert über den Ductus nasofrontalis und das Infundibulum ethmoidale zum vorderen und kranialen Anteil des Hiatus semilunaris. Die Cellulae ethmoidales anteriores drainieren in den Ductus nasofrontalis oder in das Infundibulum ethmoidale des Hiatus semilunaris (in manchen Fällen drainiert der Sinus frontalis direkt in das vordere Ende des Meatus nasi medius, und der Ductus nasofrontalis endet blind in einer vorderen Siebbeinzelle, die dann ihrerseits über den Zugang des Sinus frontalis zur Nasenhöhle belüftet wird).
- Auch der Sinus maxillaris öffnet in den Hiatus semilunaris, normalerweise direkt unter der Bulla ethmoidalis; diese Öffnung befindet sich am medialen Oberrand des Sinus maxillaris.
- Weitere vordere Siebbeinzellen öffnen sich auf oder direkt über der Bulla ethmoidalis.

- Die Cellulae ethmoidales posteriores öffnen sich normalerweise an der lateralen Wand des Meatus nasi superior.

Der einzige Ausführungsgang der Nasennebenhöhlen, der nicht an der lateralen Wand der Nasenhöhle endet, ist die Apertura sinus sphenoidalis; sie befindet sich am abfallenden Anteil des Dachs der Nasenhöhle.

Nasenlöcher

Die Nasenlöcher (Nares) sind ovale Öffnungen am Boden der äußeren Nase und gleichzeitig die vorderen Öffnungen der Nasenhöhlen (Abb. 8.227A). Sie werden durch die umliegenden Knorpel der Nasenflügel und der Nasenscheidewand sowie durch die Spina nasalis inferior und die benachbarten Ränder der Maxilla (Aperturae piriformes) offen gehalten.

Obwohl die Nasenlöcher ständig geöffnet sind, können sie aktiv durch Kontraktion mimischer Muskeln (Musculi nasales, depressores septi nasi und levatores labii superioris alaeque nasi; Abb. 8.227B) erweitert werden.

Choanen

Die Choanen (Choanae) sind ovale Öffnungen zwischen den Nasenhöhlen und dem Nasopharynx (Abb. 8.228). Im Gegensatz zu den Nasenlöchern, die biegsame Ränder aus Knorpel und Weichteilen besitzen, sind die Choanen starre knöcherne Öffnungen.

Ihre Ränder werden gebildet:

- kaudal vom dorsalen Rand der Lamina horizontalis des Os palatinum
- lateral vom dorsalen Rand der Lamina medialis processus pterygoidei
- vom Hinterrand des Vomers.

Das Dach der Choanen wird gebildet:

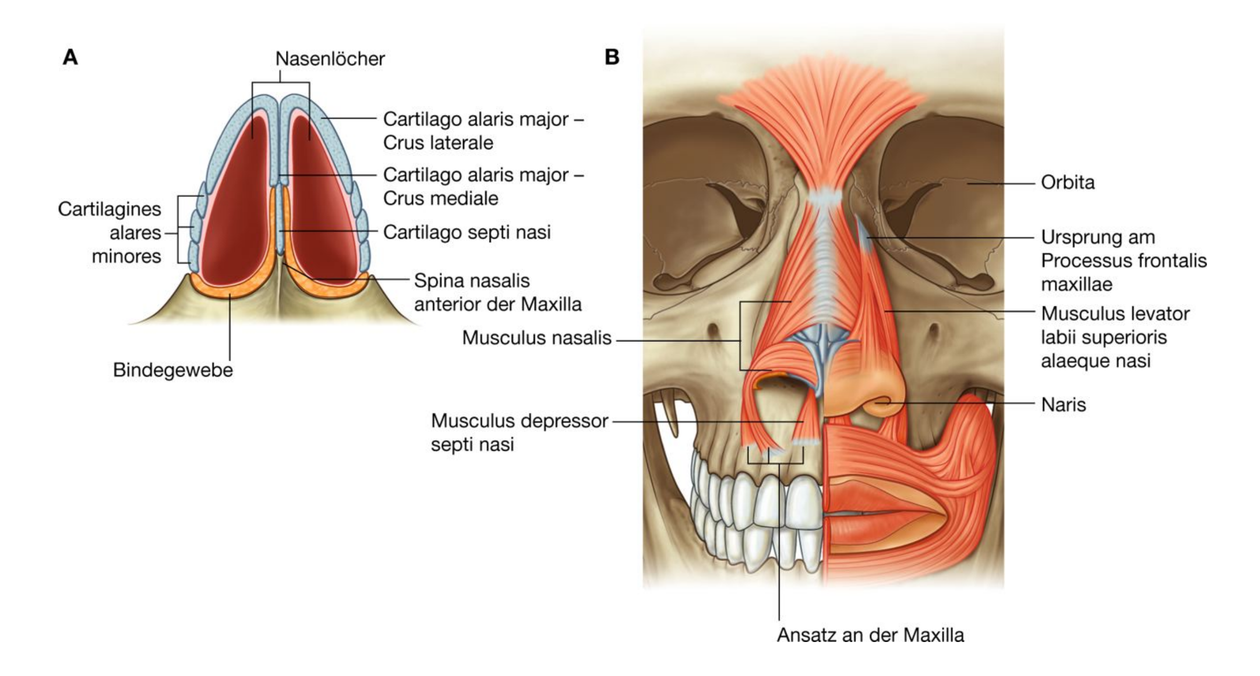
- vorn von den Alae vomeris und dem Processus vaginalis der Lamina medialis processus pterygoidei
- dorsal vom Corpus ossis sphenoidalis.

Zugänge

Im Weichgewebe um die Nasenhöhlen gibt es zahlreiche Zugänge für Nerven und Gefäße (Abb. 8.229). Zu diesen Zugängen gehören die Lamina cribrosa, das Foramen sphenopalatinum, der Canalis incisivus sowie kleine Löcher in der lateralen Nasenwand und um den Rand der Nasenlöcher.

1012

Abb. 8.227



Nasenlöcher. **A**. Ansicht von unten. **B**. Mimische Nasenmuskulatur.

Lamina cribrosa

Die Riechfäserchen des Nervus olfactorius [I] gelangen durch Perforationen in der Lamina cribrosa aus der Nasenhöhle in die Schädelhöhle. Zusätzlich gibt es kleine Löcher zwischen der Lamina cribrosa und dem umliegenden Knochen, die es dem Nervus ethmoidalis, einem Ast des Nervus ophthalmicus [V_1], und den dazugehörigen Gefäßen ermöglichen, aus der Orbita in die Schädelhöhle überzutreten und von dort in die Nasenhöhle zu gelangen.

Gelegentlich gibt es ein deutlich sichtbares Foramen caecum in der Mittellinie zwischen Crista galli und Os frontale als Verbindung zwischen den Venen der Nase und dem Sinus sagittalis superior der Schädelhöhle.

Foramen sphenopalatinum

Einer der wichtigesten Zugänge für Nerven und Gefäße in die Nasenhöhle und aus ihr heraus ist das Foramen sphenopalatinum an der dorsolateralen Wand des Meatus nasi superior. Das Foramen befindet sich direkt oberhalb der Basis des dorsalen Endes der Concha nasalis media und wird durch die Incisura sphenopalatina zwischen Os palatinum und Corpus des Os sphenoidale gebildet.

Das Foramen sphenopalatinum stellt eine Verbindung zwischen der Nasenhöhle und der Fossa pterygopalatina her. Hauptstrukturen, die durch das Foramen treten, sind:

- die Arteria sphenopalatina der Arteria maxillaris
- der Nervus nasopalatinus des Nervus maxillaris [V_2]

- Rami nasales superiores des Nervus maxillaris [V_2].

Canalis incisivus

Ein weiterer Zugang zur Nasenhöhle ist der paarige **Canalis incisivus** am Boden der Nasenhöhle. Der Kanal befindet sich direkt lateral der Nasenscheidewand und dorsokranial von der Wurzel der medialen Schneidezähne in der Maxilla. Er verläuft bis zur Fossa incisiva im Dach der Mundhöhle und enthält:

- den Nervus nasopalatinus von der Nasenhöhle in die Mundhöhle
- den letzten Teil der Arteria palatina major von der Mundhöhle in die Nasenhöhle.

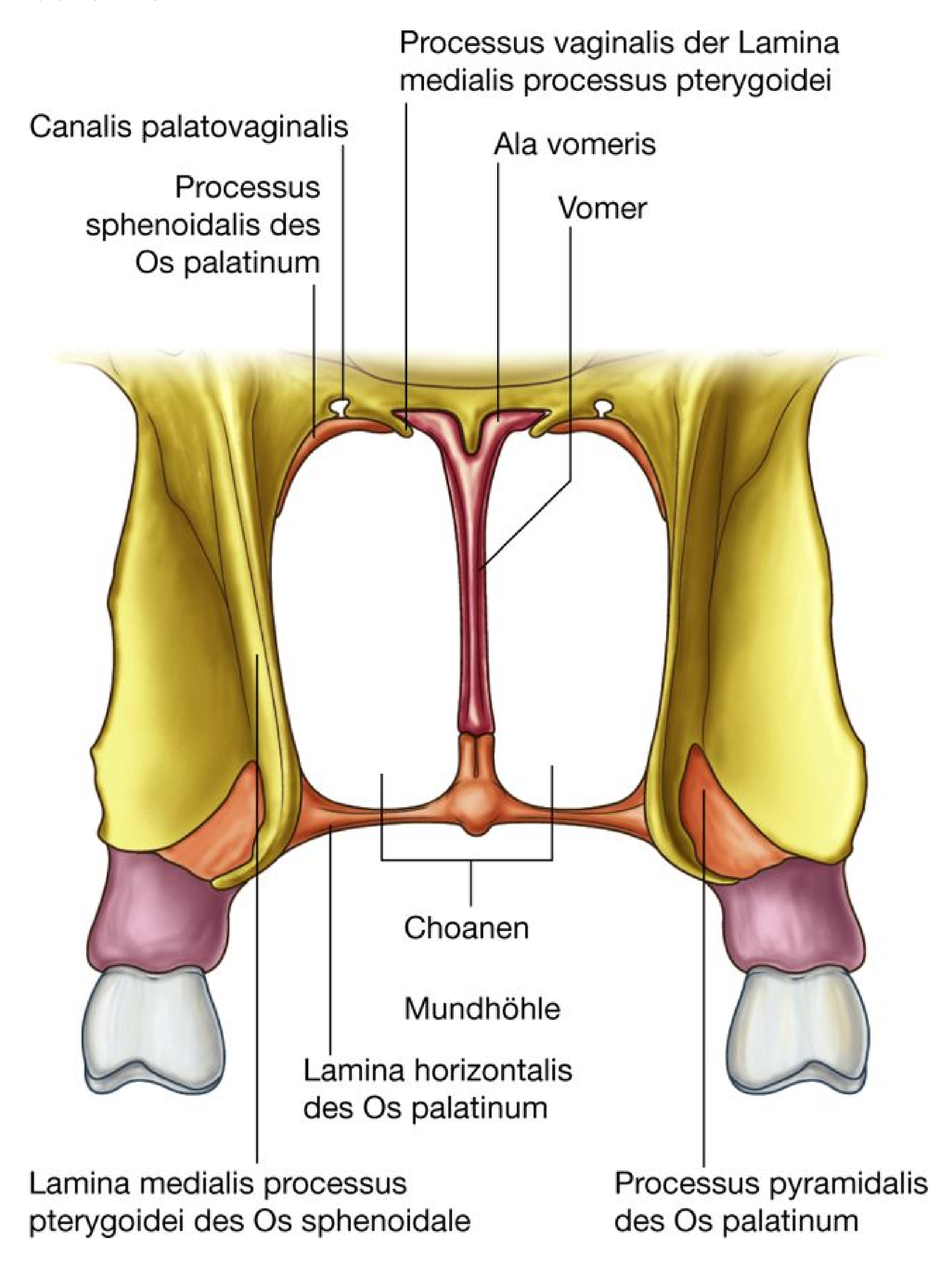
Kleine Löcher an der lateralen Wand

Weitere Ein- und Ausgänge für Gefäße und Nerven der Nasenhöhle sind die Nasenlöcher sowie kleine Foramina in der lateralen Nasenwand.

- Die Rami nasales interni aus dem Nervus infraorbitalis des Nervus maxillaris [V_2] sowie die Rami alares der Arteria nasalis aus der Arteria facialis schlängeln sich um die Ränder der Nasenlöcher, um vom Gesicht zur lateralen Nasenwand der Nasenhöhle zu gelangen.
- Die Rami nasales inferiores des Nervus palatinus major aus dem Nervus maxillaris [V_2] gelangen vom Canalis palatinus durch kleine Löcher in der lateralen Nasenwand in die Nasenhöhle.

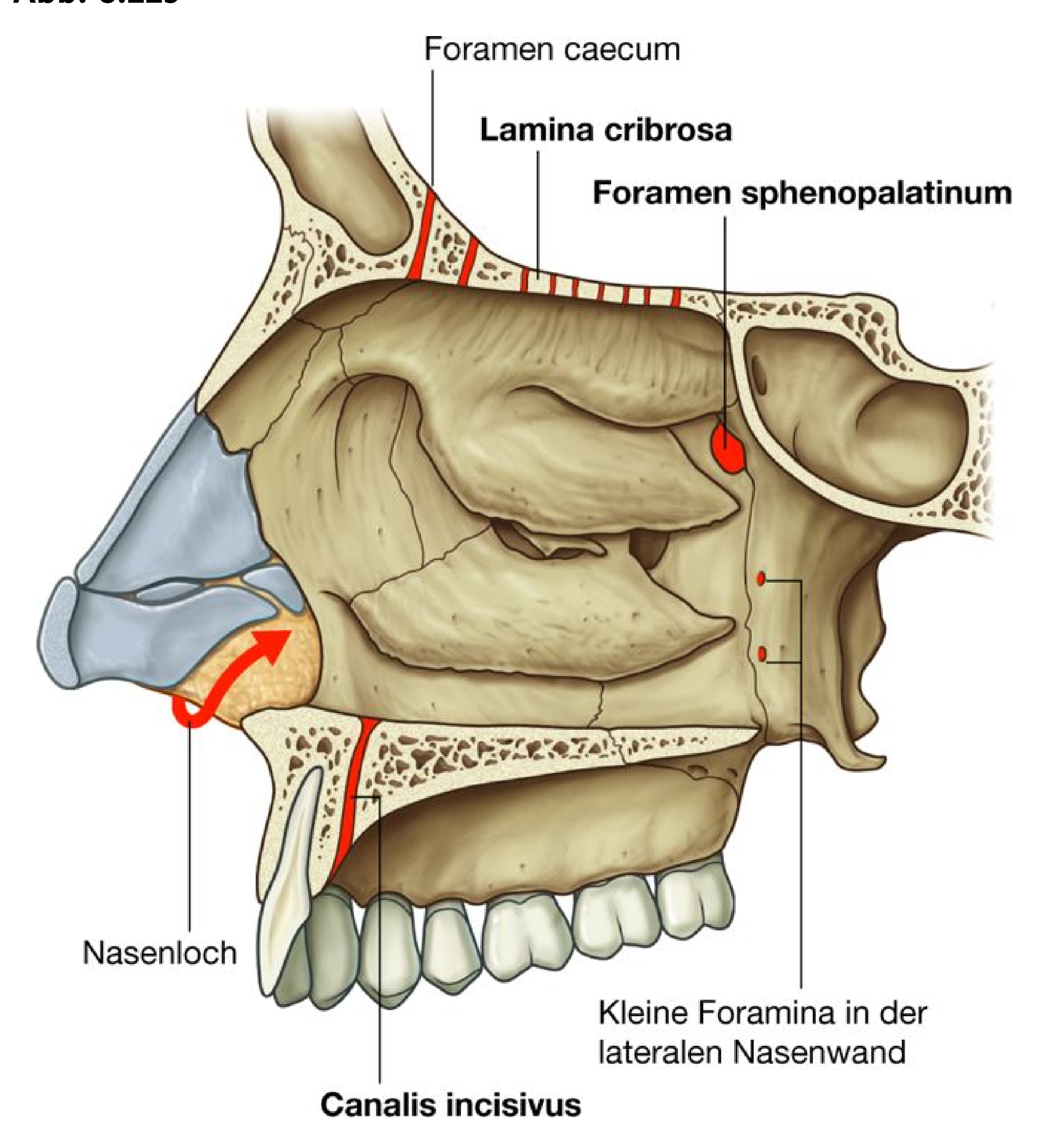
1013

Abb. 8.228



Choanen, Ansicht von hinten.

Abb. 8.229



Zugänge zu den Nasenhöhlen.

Gefäße

Zur Befeuchtung und Temperaturregulation der eingeatmeten Luft besitzen die Nasenhöhlen eine spezialisierte Gefäßversorgung. Besonders im Bereich der mittleren und der unteren Nasenmuscheln sind Schwellkörper mit spezialisierten Gefäßen (Sperrarterien, Kapazitäts- und Drosselvenen, arteriovenöse Anastomosen) ausgebildet, die einen dichten subepithelialen Kapillarplexus speisen. Eine Füllung des venösen Systems bei reduziertem Blutabfluss führt zur Schwellung der Nasenmuscheln.

Arterien

Zu den Arterien der Nasenhöhle gehören Gefäße, die sowohl aus der Arteria carotis interna als auch aus der Arteria carotis externa hervorgehen (Abb. 8.230).

- Zu den Gefäßen, die aus Ästen der Arteria carotis externa gespeist werden, gehören die Arteria sphenopalatina, die Arteria palatina major, die Arteria labialis superior und die Arteriae nasales laterales.
- Zu den Gefäßen, die aus der Arteria carotis gespeist werden, gehören die Arteriae ethmoidales anteriores und posteriores.

Arteria sphenopalatina

Das größte Gefäß, das die Nasenhöhle arteriell versorgt, ist die **Arteria sphenopalatina**, ein Endast der Arteria maxillaris aus der Fossa pterygopalatina. Sie verlässt die Fossa pterygopalatina und gelangt medial durch das Foramen sphenopalatinum an die laterale Nasenwand der Nasenhöhle.

Die **Rami nasales posteriores laterales** versorgen einen großen Teil der lateralen Nasenwand und anastomosieren vorn mit Ästen der Arteria ethmoidalis anterior und Arteria ethmoidalis posterior sowie mit Rami nasales laterales der Arteria facialis.

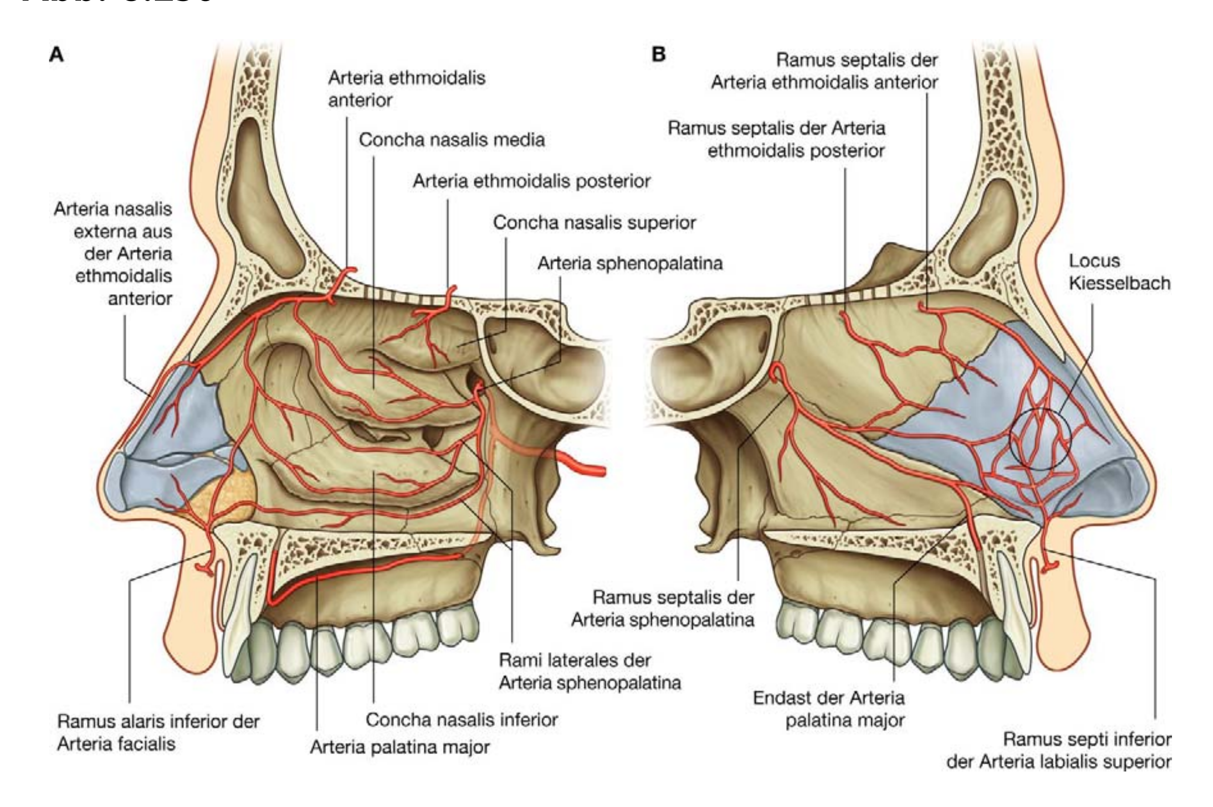
Die **Rami septales posteriores** der Arteria sphenopalatina ziehen entlang dem Dach bis zur Nasenscheidewand.hier tragen sie zur Blutversorgung des Nasenseptums bei. Einer der letzteren Äste zieht an der Nasenscheidewand weiter nach vorn kaudal, um mit dem Endast der Arteria palatina major (über den Canalis incisivus) und den Ästen der Arteria labialis superior zu anastomosieren.

Arteria palatina major

Der letzte Abschnitt der **Arteria palatina major** gelangt vom Dach der Mundhöhle durch den Canalis incisivus zum Vorderabschnitt des Nasenbodens.

Wie die Arteria sphenopalatina geht auch die Arteria palatina major in der Fossa pterygopalatina als Ast aus der Arteria maxillaris ab. Von dort zieht sie zunächst durch den Canalis palatinus und das Foramen palatinum majus zum dorsalen Teil des harten Gaumens, 1014 dann entlang der Unterfläche des Palatum durum nach vorn bis zur Fossa incisiva, tritt durch 1015 den Canalis incisivus und erreicht den Boden der Nasenhöhle. Die Arteria palatina major versorgt die vorderen Anteile der Nasenscheidewand sowie den Boden der Nasenhöhle und anastomosiert mit einem Ramus septalis posterior der Arteria sphenopalatina.

Abb. 8.230



Arterielle Versorgung der Nasenhöhlen. **A**. Laterale Wand der rechten Nasenhöhle. **B**. Nasenseptum (mediale Wand der linken Nasenhöhle).

Arteriae labiales superiores und Arteriae nasales laterales

Die Arteria labialis superior und die Arteria nasalis lateralis gehen aus der Arteria facialis an der Vorderseite des Gesichts hervor.

Die **Arteria labialis superior** entspringt nahe dem lateralen Ende der Fissura oralis aus der Arteria facialis, zieht medial in die Lippe und versorgt sie. Sie gibt Äste zur Nase und zur Nasenhöhle ab. Ein Ramus alaris versorgt die Region um den lateralen Teil der Nasenlöcher, und ein Ramus septalis zieht in die Nasenhöhle und versorgt den vorderen Abschnitt der Nasenscheidewand.

Die **Arteria nasalis lateralis** entspringt nahe dem Rand der äußeren Nase aus der Arteria facialis und trägt zur Blutversorgung der äußeren Nase bei. Rami alares ziehen kaudalwärts um den lateralen Rand der Nasenlöcher herum und versorgen das Vestibulum nasi.

Arteriae ethmoidales anteriores und posteriores

In der Orbita entspringen die Arteriae ethmoidales anteriores und posteriores aus der Arteria ophthalmica, die wiederum in der Schädelhöhle als Hauptast aus der Arteria carotis interna abgeht. Zwischen dem Siebbeinlabyrinth und dem Os frontale ziehen die Arterien durch Kanäle in der medialen Orbitawand, versorgen die angrenzenden Nasennebenhöhlen und gelangen direkt lateral und kranial der Lamina cribrosa in die Schädelhöhle.

Die **Arteria ethmoidalis posterior** zieht durch die Lamina cribrosa nach unten in die Nasenhöhle und gibt Äste zu den oberen Abschnitten der medialen und lateralen Nasenwand ab.

Die **Arteria ethmoidalis anterior** zieht mit dem sie begleitenden Nervus ethmoidalis anterior in einer Rinne der Lamina cribrosa vorwärts und gelangt durch ein schlitzförmiges Loch direkt lateral der Crista galli in die Nasenhöhle. Dort gibt sie Äste zur Blutversorgung der medialen und lateralen Nasenwand der Nasenhöhle ab und zieht an der tiefen Fläche des Os nasale nach vorn. Sie endet zwischen Os nasale und Cartilago nasi lateralis. Hier kommt sie an der äußeren Nase zum Vorschein und versorgt als Ramus nasalis externus die Haut und das umliegende Gewebe.

1015

1016

*Die Gefäße der Nasenhöhlen bilden untereinander ausgeprägte Anastomosen aus. Dies ist insbesondere im Vorderabschnitt des Nasenseptums der Fall. Hier bilden Anastomosen zwischen Ästen der Arteria palatina major, der Arteria sphenopalatina, der Arteria labialis superior und der Arteria ethmoidalis anterior den **Locus Kiesselbachi**, dessen arterielle Gefäße direkt unter der Hautoberfläche liegen (Abb. 8.230B). Der Locus Kiesselbachi ist häufig Ursache von Nasenbluten (Epistaxis).*

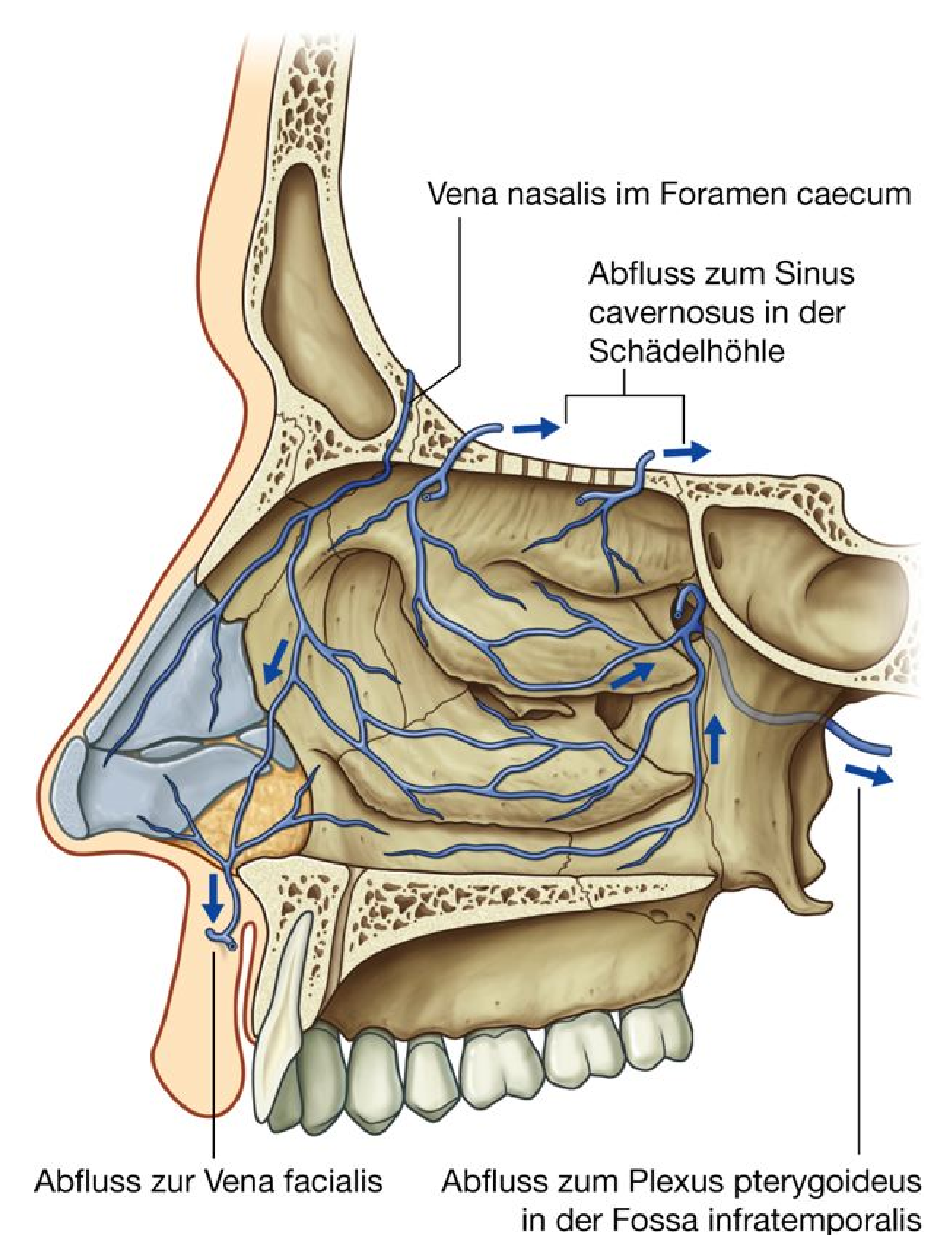
Venen

Die Venen der Nasenhöhlen verlaufen normalerweise mit den Arterien (Abb. 8.231):

- Venen, die mit arteriellen Abgängen der Arteria maxillaris verlaufen, ziehen in den venösen Plexus pterygoideus in der Fossa infratemporalis.
- Venen aus den vorderen Bereichen der Nasenhöhlen drainieren in die Vena facialis.

Bei einigen Menschen kann es vorkommen, dass eine zusätzliche Vena nasalis kranial durch eine medial gelegene Öffnung (Foramen caecum) im Os frontale vor der Crista galli zieht und in den vorderen Teil des Sinus sagittalis superior mündet. Da die Vena nasalis als extrakraniale Vene in einen intrakranialen Sinus drainiert, wird sie als Emissionsvene bezeichnet. *Oft breiten sich Infektionen aus der Peripherie über Emissionsvenen in die Schädelhöhle aus.*

Abb. 8.231



Venöser Abfluss der Nasenhöhlen.

Die Venen, die mit den Arteriae ethmoidales anteriores und posteriores verlaufen, sind Äste der Vena ophthalmica superior, die wiederum eine der größten Emissionsvenen ist und an jeder Seite der Fossa hypophysialis in den Sinus cavernosus mündet.

Innervation

Folgende Nerven innervieren die Nasenhöhlen (Abb. 8.232):

- der Nervus olfactorius [I] für den Geruchssinn
- Äste des Nervus opthalmicus [V_3] und des Nervus maxillaris [V_2] für die allgemeine Sensibilität.

Die sekretorische Innervation der mukösen Drüsen der Nasen- und Nasennebenhöhlen erfolgt über parasympathische Fasern des Nervus facialis [VII], die sich hauptsächlich dem Nervus maxillaris [V_2] in der Fossa pterygopalatina anlegen.

Nervus olfactorius [I]

Der Nervus olfactorius [I] besteht aus den Axonen der Rezeptoren im Riechepithel am Dach jeder Nasenhöhle. Die Axone ziehen gebündelt durch die Perforationen der Lamina cribrosa in kranialer Richtung und bilden mit Neuronen im Bulbus olfactorius des Gehirns Synapsen.

Äste des Nervus ophthalmicus [V_1]

Äste des Nervus ophthalmicus [V_1], die die Nasenhöhle innervieren, sind der Nervus ethmoidalis anterior und der Nervus ethmoidalis posterior. Sie gehen in der Orbita aus dem Nervus nasociliaris ab.

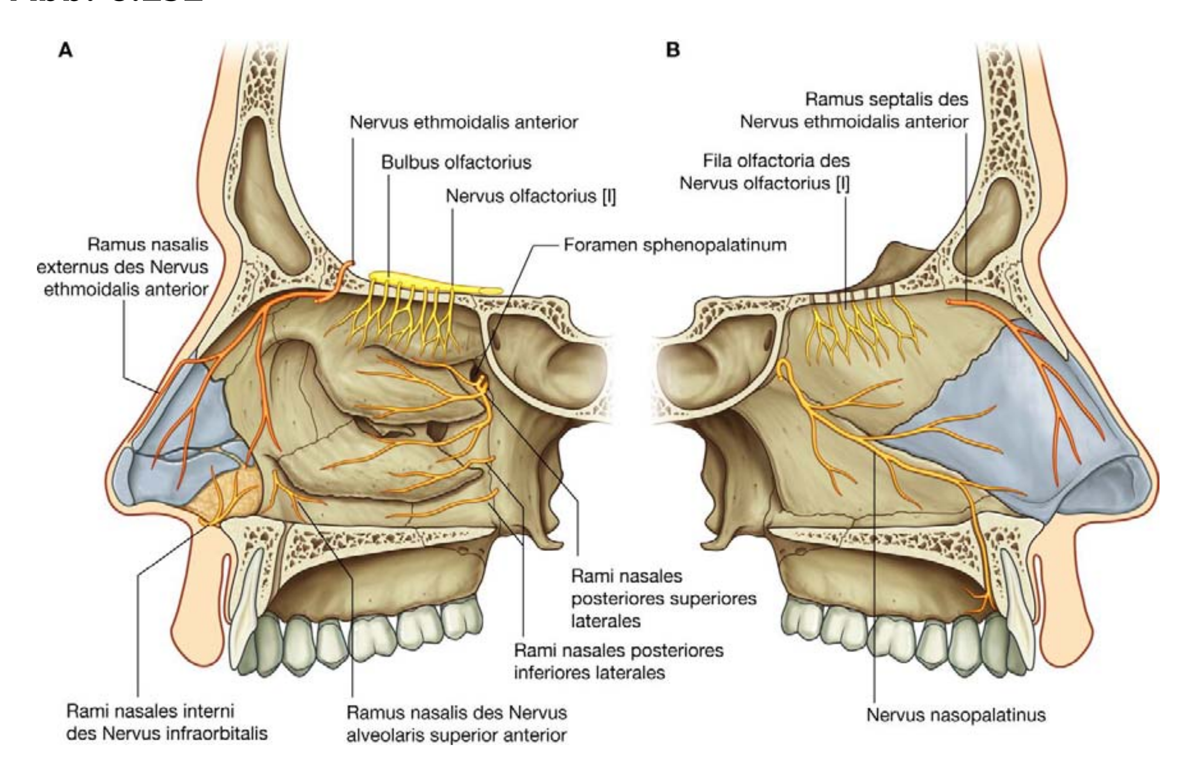
Nervi ethmoidales anterior und posterior

Der Nervus ethmoidalis anterior (Abb. 8.232) verläuft zusammen mit der Arteria ethmoidalis anterior und verlässt die Orbita durch einen kleinen Kanal zwischen dem Siebbeinlabyrinth und dem Os frontale. Er zieht zwischen den angrenzenden Cellulae ethmoidales und dem Sinus frontalis hindurch, innerviert die Regionen auch gleichzeitig und gelangt dann direkt seitlich und kranial von der Lamina cribrosa in die Schädelhöhle.

Der Nervus ethmoidalis anterior zieht in einer Rinne an der Lamina cribrosa vorwärts und gelangt anschließend durch ein schlitzförmiges Loch (Foramen ethmoidale anterius) direkt lateral der Crista galli hinab in die Nasenhöhle. Er gibt Äste an die mediale und laterale Nasenwand der Nasenhöhle ab und zieht an der Unterseite des Os nasale weiter nach rostral. Zwischen Os nasale und Cartilago nasi lateralis gelangt er zur Außenseite der Nase und endet schließlich als **Ramus nasalis externus**, der die Haut um die Nasenlöcher, das Vestibulum nasi und die Nasenspitze innerviert.

1016 1017

Abb. 8.232



Innervation der Nasenhöhlen. **A**. Laterale Nasenwand der rechten Nasenhöhle. **B**. Mediale Nasenwand der linken Nasenhöhle.

Wie der Nervus ethmoidalis anterior verlässt auch der Nervus ethmoidalis posterior die Orbita durch einen kleinen Kanal (Foramen ethmoidale posterius) an der medialen Wand der Orbita. Er endet in der Schleimhaut der Cellulae ethmoidales und des Sinus sphenoidalis und erreicht normalerweise nicht direkt die Nasenhöhle.

Äste des Nervus maxillaris [V_2]

Zahlreiche Rami nasales des Nervus maxillaris [V_2] innervieren die Nasenhöhle. Die meisten Äste (Abb. 8.232) konvergieren in der Fossa pterygopalatina, die sich direkt seitlich der lateralen Nasenwand der Nasenhöhle befindet. Die Äste gelangen aus der Fossa pterygopalatina über das Foramen sphenopalatinum in die Nasenhöhle:

- Die **Rami nasales posteriores superiores laterales** ziehen an der lateralen Nasenwand der Nasenhöhle vorwärts und innervieren sie.
- Die **Rami nasales posteriores superiores mediales** kreuzen über das Dach der Nasenhöhle zur Nasenscheidewand und innervieren beide Regionen.
- Der größte Ast ist der **Nervus nasopalatinus**, der an der medialen Nasenwand der Nasenhöhle vorwärts und abwärts zieht, um durch den Canalis incisivus zum Dach der Mundhöhle zu gelangen. Hier innerviert er die Mundschleimhaut hinter den Schneidezähnen.

- Die **Rami nasales posteriores inferiores laterales** gehen aus dem Nervus palatinus major hervor, ziehen aus der Fossa pterygopalatina direkt lateral der Nasenhöhle in den Canalis palatinus und verlaufen dann durch kleine Löcher im Knochen zum hinteren Abschnitt der lateralen Nasenwand, um sie zu innervieren.
- Ein kleiner Ramus nasalis entspringt aus dem Ramus alveolaris superior anterior des Nervus infraorbitalis und verläuft medial durch die Maxilla, um die laterale Nasenwand nahe dem vorderen Anteil der Concha nasalis inferior zu innervieren.

Parasympathische Innervation

Die parasympathische Innervation der seromukösen Drüsen in der Nasenschleimhaut der Nasenhöhlen und der Nasennebenhöhlen erfolgt durch präganglionäre parasympathische Fasern aus dem Nervus petrosus major, einem Ast des Nervus facialis [VII]. Die Fasern gelangen in die Fossa pterygopalatina und bilden im Ganglion pterygopalatinum mit postganglionären Neuronen Synapsen. Die postganglionären, parasympathischen Fasern legen sich dann Ästen des Nervus maxillaris [V_2] an, um aus der Fossa pterygopalatina auszutreten und schließlich zu den Drüsen der Nasenhöhlen und Nasennebenhöhlen zu gelangen.

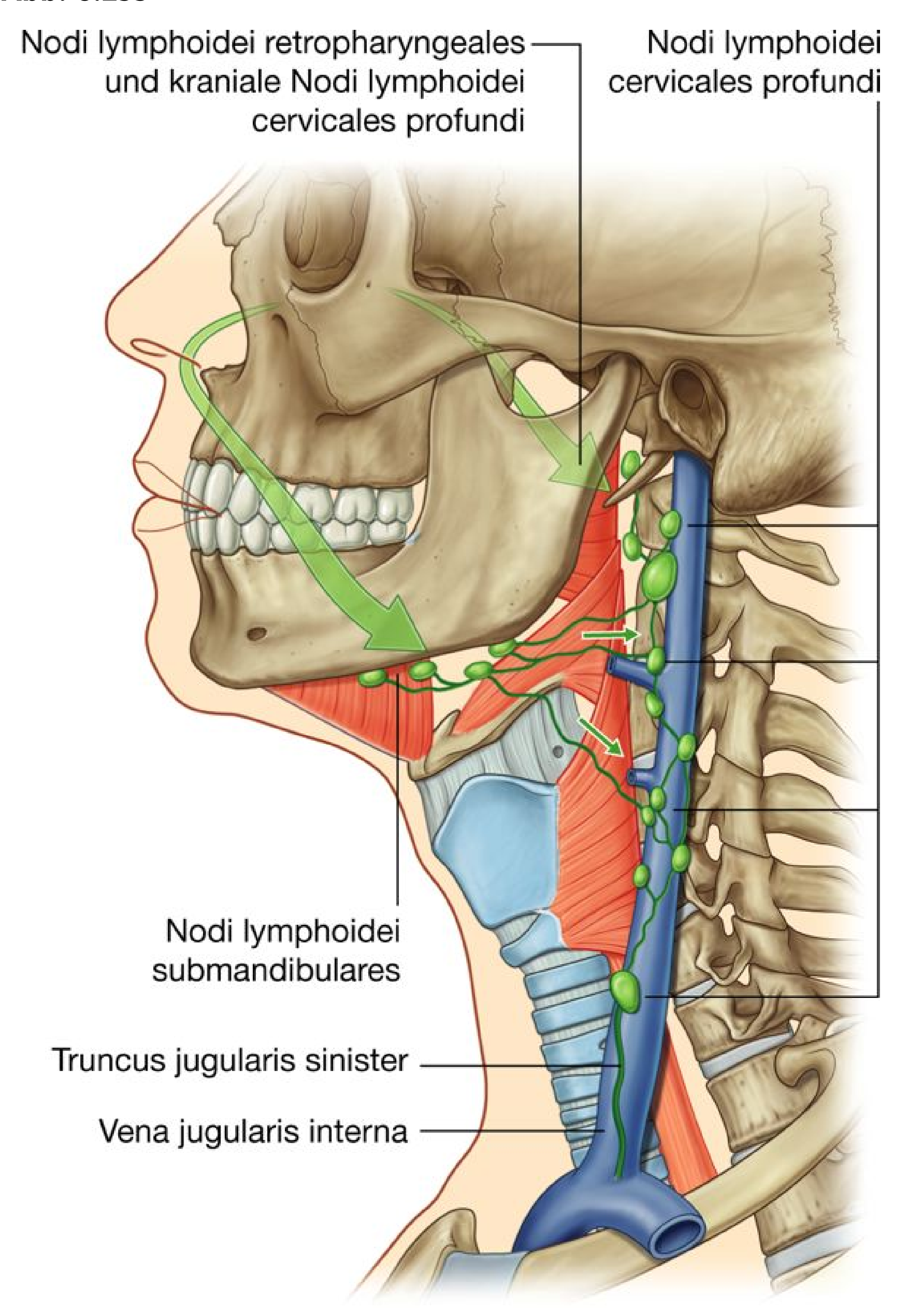
1017
1018

Sympathische Innervation

Die sympathische Innervation reguliert hauptsächlich den Blutfluss der Nasenschleimhaut und kommt aus dem Rückenmark auf Höhe Th1. Die präganglionären Fasern gelangen in den Grenzstrang und ziehen bis zum sympathischen Ganglion cervicale superius kranialwärts. Hier erfolgt die Umschaltung von prä- auf postganglionär. Die postganglionären Fasern verlaufen mit der Arteria carotis interna in die Schädelhöhle, verlassen dort die Arterie, bilden den Nervus petrosus profundus, der sich schließlich dem Nervus petrosus major des Nervus facialis [VII] anlegt, und ziehen in die Fossa pterygopalatina (Abb. 8.147).

Wie die parasympathischen Fasern folgen auch die sympathischen Fasern dem Nervus maxillaris [V_2] in die Nasenhöhle.

Abb. 8.233



Lymphabfluss der Nasenhöhlen.

Lymphabfluss

Der Lymphabfluss aus den vorderen Abschnitten der Nasenhöhlen verläuft um die Ränder der Nasenlöcher in Richtung Gesicht (Abb. 8.233). Die Lymphgefäße gelangen letzlich in die Nodi lymphoidei submandibulares.

Der Lymphabfluss aus den hinteren Abschnitten der Nasenhöhlen sowie aus den Nasennebenhöhlen fließt in die oberen Nodi lymphoidei cervicales profundi des Halses. Ein Teil der Lymphe wird in die Nodi lymphoidei retropharyngeales drainiert.

MUNDHÖHLE

Die Mundhöhle befindet sich unterhalb der Nasenhöhlen (Abb. 8.234A). Sie hat ein Dach, einen Boden und Seitenwände, kann durch die Rima oris zum Gesicht geöffnet werden und steht über den Isthmus faucium mit dem Pharynx in offener Verbindung.

Das Mundhöhlendach besteht aus dem harten und weichen Gaumen. Der Boden wird überwiegend von Weichgewebe gebildet, zu dem das aus Muskulatur bestehende Diaphragma oris und die Zunge gehören. Die Seitenwände (Wangen) besitzen ebenfalls eine muskuläre Grundlage und sind vorn mit den Lippen verbunden, die die **Rima oris** (vordere Öffnung der Mundhöhle) umgeben.

Die dorsale Öffnung der Mundhöhle ist der Isthmus faucium. Er steht mit dem Orophayrnx in offener Verbindung.

Die Mundhöhle wird durch die beiden Zahnbögen, Arcus dentalis superior und Arcus dentalis inferior, die jeweils aus dem stützenden Alveolarknochen (Zahnhalteapparat) und den Zähnen bestehen, in zwei Bereiche unterteilt (Abb. 8.234B):

- in das äußere, hufeisenförmige **Vestibulum oris**, das sich zwischen den Zahnbögen und der Innenseite der Wangen und Lippen befindet – die Rima oris öffnet zum Vestibulum oris und kann durch die mimische Muskulatur und durch Kieferbewegungen geöffnet und geschlossen werden.
- in die innere **Cavitas oris propria**, die von den Zahnbögen umschlossen wird.

Der Grad der Öffnung zwischen oberem und unterem Arcus alveolaris wird durch das Senken oder Heben des Unterkiefers in der Articulatio temporomandibularis (Kiefergelenk) bestimmt.

Der Isthmus faucium an der Hinterseite der Mundhöhle kann durch das umliegende Weichgewebe, zu dem der weiche Gaumen und die Zunge gehören, erweitert und verschlossen werden.

Die Mundhöhle samt ihren Anhangsdrüsen hat verschiedene Funktionen:

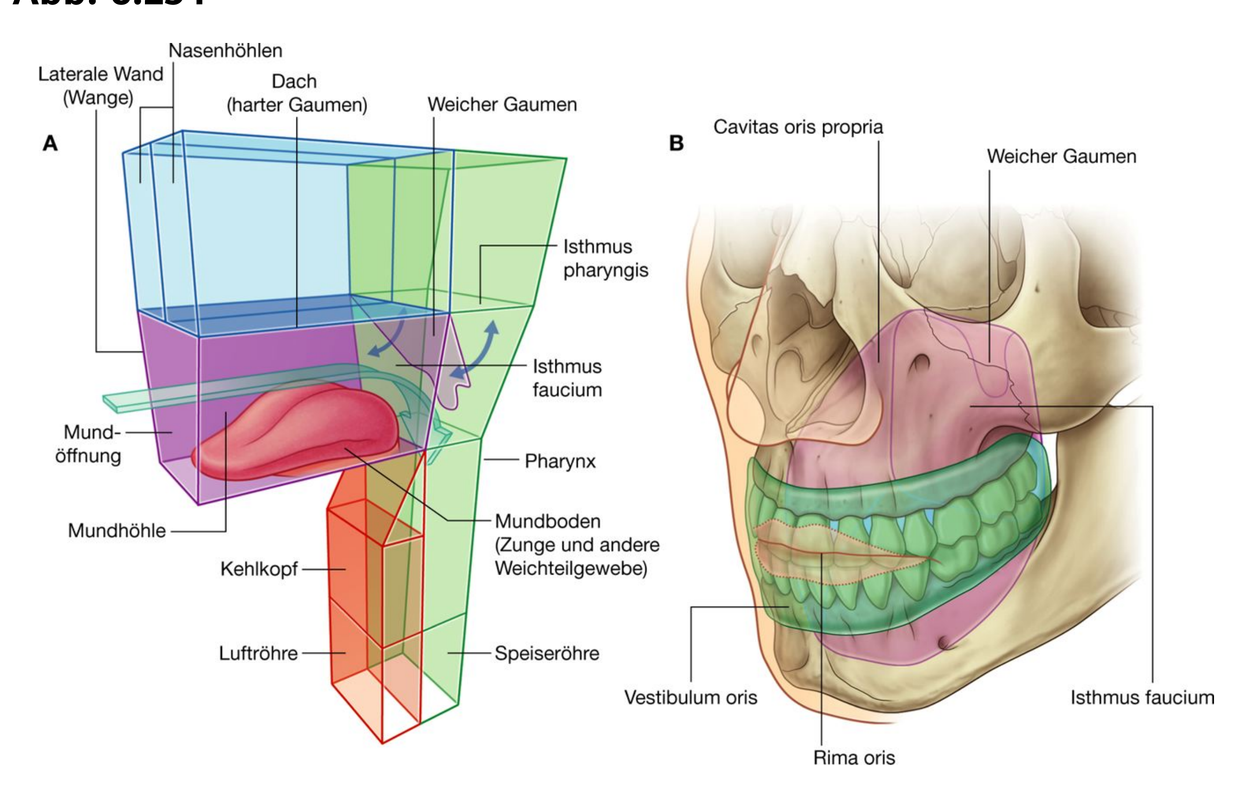
- Sie bildet den Eingang des Verdauungstrakts und enthält Strukturen, die die Nahrung auf ihre mechanischen, thermischen und chemischen Eigenschaften überprüfen (Rezeptoren in

1018
1019

der Schleimhaut, besonders der Zunge), die Nahrung zerkleinern (Zähne, Zahnhalteapparat) und sie gleitfähig machen (Sekrete der Speicheldrüsen).

- Sie wirkt bei der Lautbildung mit.
- Sie kann zur Atmung eingesetzt werden, da sie zum Pharynx hin geöffnet ist, der als Transitstrecke für Nahrung und Luft dient.

Abb. 8.234



Mundhöhle. **A**. Lagebeziehungen zu anderen Höhlen. **B**. Vestibulum oris und Cavitas oris propria.

Daher kann die Mundhöhle von Ärzten als Zugang zu den unteren Luftwegen genutzt werden. Zahnärzte benutzen „Kofferdam“ (eine extrem dehnbare grüne Folie, die quer durch den Mund gespannt wird), um zu verhindern, dass Zahn- und Knochenfragmente durch den Isthmus faucium in den Pharynx und den Oesophagus oder in die unteren Luftwege gelangen.

Zahlreiche Nerven innervieren die Mundhöhle

Die allgemeine, sensible Innervation wird überwiegend vom Nervus trigeminus [V] übernommen:

- Die oberen Abschnitte der Mundhöhle einschließlich des Gaumens und der Oberkieferzähne werden von Ästen des Nervus maxillaris [V_2] innerviert.
- Die unteren Abschnitte einschließlich der Unterkieferzähne und des oralen Teils der Zunge werden von Ästen des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

- Die Geschmacksfasern (sensorische Fasern) vom oralen Teil der vorderen zwei Drittel der Zunge stammen aus Ästen des Nervus facialis [VII], die sich Ästen des Nervus trigeminus [V] anlegen und sich mit diesen auf der Zunge verteilen.
- Parasympathische Fasern zu Drüsen innerhalb der Mundhöhle verlaufen zunächst mit dem Nervus facialis [VII] und verteilen sich in der Mundhöhle mit Ästen des Nervus trigeminus [V].
- Sympathische Fasern in der Mundhöhle kommen aus dem Rückenmark (Höhe Th1), werden im sympathischen Ganglion cervicale superius von prä- auf postsynaptisch umgeschaltet und verlaufen anschließend mit Ästen des Nervus trigeminus [V] oder mit Arterien zur Mundhöhle.

Die gesamte Zungenmuskulatur wird mit Ausnahme des Musculus palatoglossus, der vom Nervus vagus [X] innerviert wird, vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Die Muskeln des weichen Gaumens werden mit Ausnahme des Musculus tensor veli palatini, der von einem Ast des Nervus mandibularis [V_3] innerviert wird, vom Nervus vagus [X] innerviert. Der Musculus mylohyoideus, der den Boden der Mundhöhle bildet, wird ebenfalls vom Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

1019

1020

Knöchernes Gerüst

Zu den Knochen des Mundhöhlengerüsts oder zu den Strukturen, die mit der Mundhöhle in Verbindung stehend, gehören folgende Knochen:

- die paarigen Maxillae, Ossa palatina und Ossa temporalia
- die unpaare Mandibula, das Os sphenoidale und das Os hyoideum.

Außerdem dienen die knorpeligen Anteile der beiden Tubae auditivae an der Unterseite der Schädelbasis teilweise als Befestigung für die Muskulatur des weichen Gaumens.

Maxilla

Die beiden Maxillae sind für den Aufbau des Mundhöhlendachs von Bedeutung. Zu den beteiligten Abschnitten gehören der Processus alveolaris und der Processus palatinus (Abb. 8.235A).

Der Processus palatinus ist eine horizontal ausgerichtete Knochenplatte, die sich von der medialen Seite jeder Maxilla erstreckt. Der Processus beginnt direkt oberhalb des medialen Anteils des Processus alveolaris maxillae und erstreckt sich bis zur Mittellinie. Hier steht er über die Sutura palatina major mit dem Processus palatinus der gegenüberliegenden Seite in Verbindung. Gemeinsam bilden die beiden Processus palatini die vorderen zwei Drittel des harten Gaumens.

An der Mittellinie der Unterseite des harten Gaumens und am vorderen Ende der Sutura intermaxillaris befindet sich eine kleine Grube (Fossa incisiva) direkt hinter den Schneidezähnen. In der Grube beginnen auf jeder Seite jeweils ein Canalis incisivus, der sich in dorsokranialer Richtung vom Dach der Grube durch den harten Gaumen bis zum Boden der Nasenhöhle erstreckt. Durch die Canales incisivi treten die Arteriae und Venae palatinae majores sowie die Nervi nasopalatini.

Os palatinum

Die Anteile des L-förmigen Os palatinum, die an der Bildung des Mundhöhlendachs beteiligt sind, sind die Lamina horizontalis und der Processus pyramidalis (Abb. 8.235A).

Die Lamina horizontalis erstreckt sich vom unteren Teil des Os palatinum in medialer Richtung, ist an der Sutura palatina major in der Mittellinie mit der Lamina horizontalis der Gegenseite und vorn an der gleichen Seite mit dem Processus palatinus der Maxilla verbunden.

In der Mittellinie liegt am kaudalen Ende im Bereich der Kontaktstelle zwischen beiden Laminae horizontales die **Spina nasalis posterior**, die vom Rand des harten Gaumens nach dorsal verläuft. Der Hinterrand der Laminae horizontales sowie die Spina nasalis posterior sind für die Befestigung des weichen Gaumens am harten Gaumen von Bedeutung.

An der dorsolateralen Seite der Lamina horizontalis befindet sich das Foramen palatinum majus, das hauptsächlich von der Lamina horizontalis des Os palatinum gebildet und seitlich vom benachbarten Anteil der Maxilla vervollständigt wird. Das Foramen palatinum majus ist die kaudale Öffnung des Canalis palatinus, der kranialwärts mit der Fossa pterygopalatina in Verbindung steht und den Nervus palatinus major sowie Gefäße zum Gaumen enthält.

Weitere Öffnungen des harten Gaumens sind die Foramina palatina minora. Es handelt sich dabei um die untere Öffnung der Canales palatini minores, die sich vom Canalis palatinus major abzweigen und die Nervi palatini minores sowie Gefäße zum weichen Gaumen enthalten.

Der Processus pyramidalis erstreckt sich dorsalwärts und füllt den Raum zwischen den kaudalen Enden der Laminae medialis und lateralis processus pterygoidei des Os sphenoidale aus.

Os sphenoidale

Die Processus pterygoidei und die Spinae ossis sphenoidalis sind mit den Strukturen des weichen Gaumens verbunden und an der Bildung des Mundhöhlendachs beteiligt (Abb. 8.235A). Der Processus pterygoideus sitzt jeweils an der lateralen Seite des Corpus ossis sphenoidalis und ragt nach kaudal. Jeder Processus sphenoidalis besteht aus einer Lamina medialis und einer Lamina lateralis. Die beiden Laminae sind vertikal ausgerichtete Knochenplatten, die sich vom hinteren Anteil des Processus nach kaudal erstrecken. Der

V-förmige Spalt, der dabei zwischen den beiden Platten entsteht, wird vom Processus pyramidalis des Os palatinum ausgefüllt.

Eine längliche, hakenförmige Struktur (Hamulus pterygoideus) erstreckt sich vom kaudalen Rand der Lamina medialis des Processus pterygoideus in dorsolateraler Richtung. Der Hamulus befindet sich direkt hinter dem Arcus alveolaris und unter dem dorsalen Rand des harten Gaumens.

- Er wirkt wie ein „Flaschenzug“ (Hypomochlion = Widerlager) für einen Muskel des weichen Gaumens (Musculus tensor veli palatini).
- Er ist die Befestigungsstelle für das obere Ende der Raphe pterygomandibularis, die kaudal an der Mandibula befestigt ist und die den Musculus constrictor pharyngis superior des Pharynx mit dem Musculus buccinator der Wange verbindet.

Am Ursprung der Lamina lateralis des Processus pterygoideus an der Schädelbasis befindet sich eine kahnförmige Grube **(Fossa scaphoidea)**, die direkt medial des Foramen ovale beginnt und sich in anteromedialer Richtung bis zum Ursprung der Lamina lateralis des Prcessus pterygoideus erstreckt (Abb. 8.235A). Die Grube dient als Ursprung für einen Muskel des weichen Gaumens (Musculus tensor veli palatini).

Die Spinae ossis sphenoidalis sind jeweils seitliche, vertikale Vorsprünge an den Unterseiten der Alae majores des Os sphenoidale (Abb. 8.235A). Jede Spina ossis sphenoidalis befindet 1020 sich direkt dorsomedial des Foramen spinosum. Der mediale Teil der Spina dient als 1021 Ursprung für den lateralen Teil des Musculus tensor veli palatini des weichen Gaumens.

Abb. 8.235

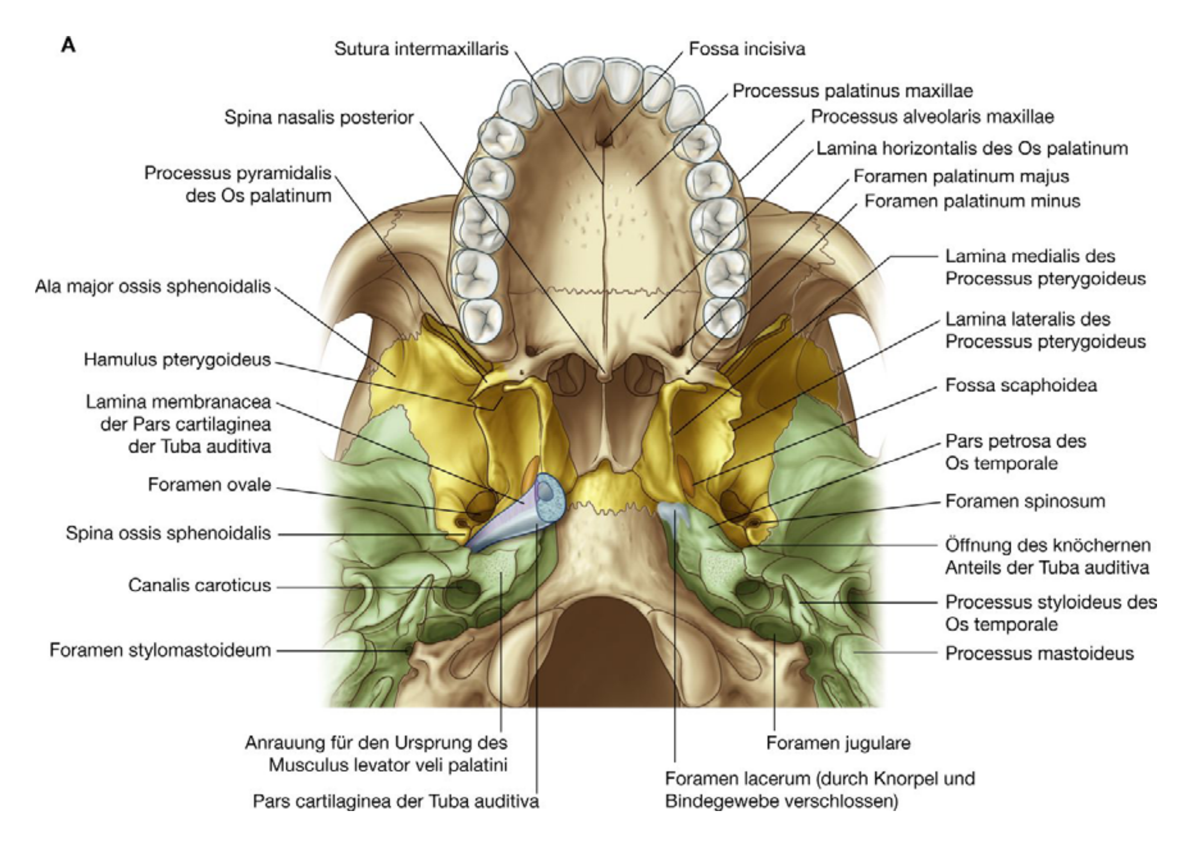
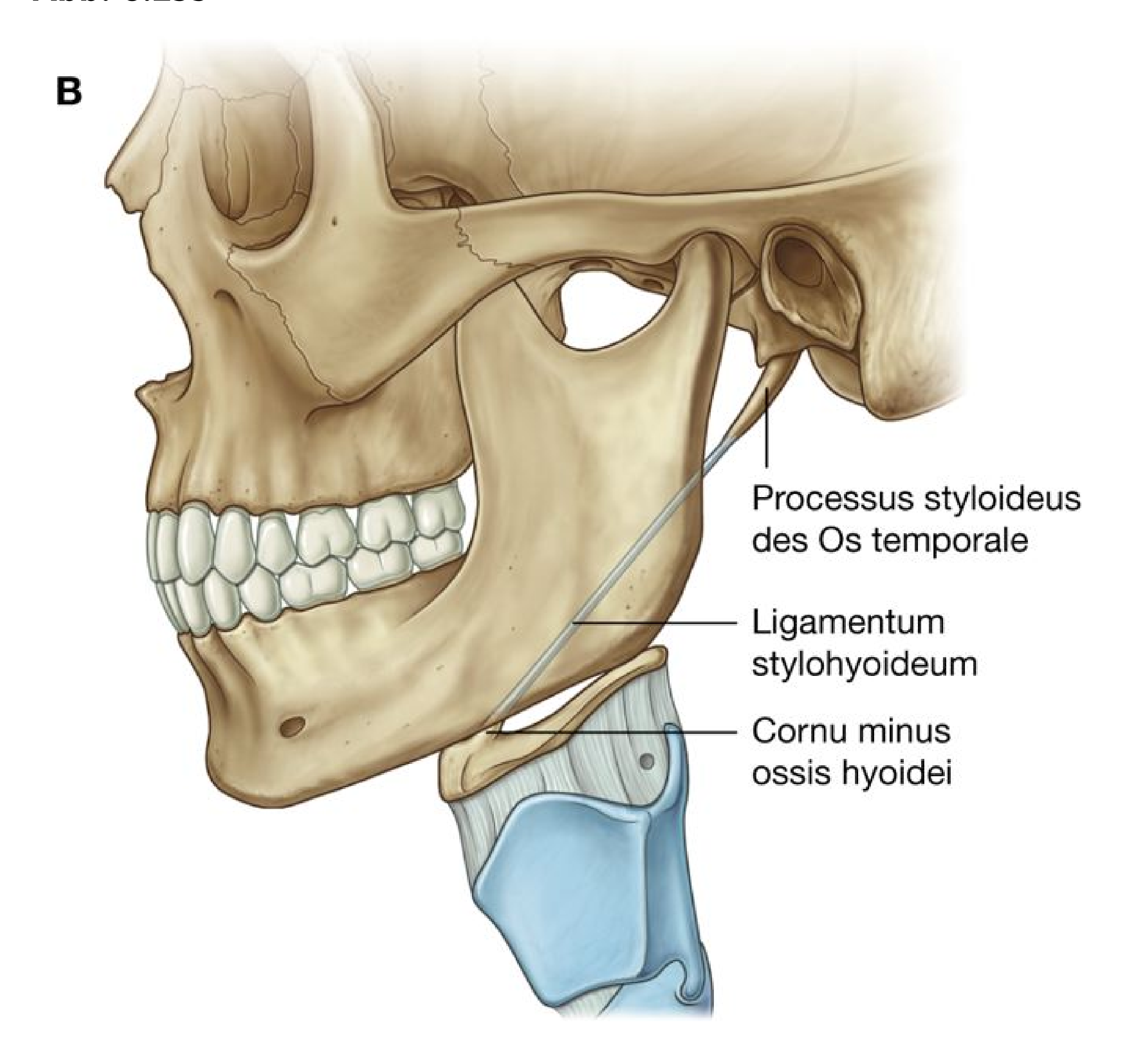


Abb. 8.235



Basis und laterale Bereiche der Schädelbasis von unten. **A**. Merkmale der Schädelbasis, die mit Strukturen der Mundhöhle assoziiert sind. **B**. Processus styloideus des Os temporale.

Os temporale

Der Processus styloideus sowie der kaudale Teil der Pars petrosa ossis temporalis dienen als Ursprung für die Zungenmuskulatur und die Muskulatur des weichen Gaumens.

Der Processus styloideus erstreckt sich von der Unterseite des Os temporale in anterokaudaler Richtung. Er kann bis zu 2,5 cm lang sein (in Ausnahmefällen noch länger – oder sogar bis zum Os hyoideum reichen und mit diesem über echte Gelenke artikulieren) und ist in Richtung des Cornu minus ossis hyoidei gerichtet, mit dem er über das Ligamentum stylohyoideum verbunden ist (Abb. 8.235B). Die Basis des Processus styloideus befindet sich direkt vor dem Foramen stylomastoideum und lateral vom Foramen jugulare. An der anterolateralen Seite entspringt der Musculus styloglossus der Zunge.

Der kaudale Anteil des Os temporale hat eine dreieckige angeraute Fläche direkt anteromedial der Öffnung des Canalis caroticus (Abb. 8.235A). An ihr entspringt der Musculus levator veli palatini des weichen Gaumens.

1021
1022

Pars cartilaginea der Tuba auditiva

Die trompetenförmige Pars cartilaginea der Tuba auditiva befindet sich in einer Rinne zwischen dem Vorderrand der Pars petrosa des Os temporale und dem dorsalen Rand der Ala major ossis sphenoidalis (Abb. 8.235A).

Die medialen und lateralen Wände der Pars cartilaginea der Tuba auditiva werden hauptsächlich aus elastischem Knorpel gebildet. Im Gegensatz dazu bestehen die weiter lateral und kaudal gelegenen Abschnitte mehr aus Bindegewebe und werden als **Lamina membranacea** zusammengefasst.

Die Spitze der Pars cartilaginea der Tuba auditiva ist lateral mit der Öffnung des knöchernen Teils im Os temporale verbunden.

Die medial erweiterte Öffnung der Pars cartilaginea der Tuba auditiva befindet sich direkt hinter dem Oberrand der Lamina medialis des Processus pterygoideus und öffnet in den Nasopharynx.

Die Pars cartilaginea der Tuba auditiva liegt lateral vom Ursprung des Musculus levator veli palatini an der Pars petrosa des Os temporale und medial von der Spina ossis sphenoidalis. Der Musculus tensor veli palatini entspringt zum Teil an der Lamina membranacea.

Mandibula

Die Mandibula (Unterkiefer; Abb. 8.236) besteht aus einem rechten und linken Körper (Corpus). Jedes Corpus mandibulae ist am Kinn in der Mittellinie mit der Gegenseite verschmolzen. An der Außenseite des Knochens ist die Verbindungslinie als kleine vertikale Kante in der Mittellinie sichtbar **(Symphysis mandibulae)**. Am dorsalen Ende setzt sich jeder Manibularkörper über einen **Angulus mandibulae** nach kranial in einen **Ramus manibulae** fort.

Die Oberfläche der Mandibula trägt den Arcus alveolaris, in dem die Unterkieferzähne verankert sind. An der Außenseite befindet sich rostral jeweils ein kleines Foramen mentale.

An der Innenseite der Mandibula gibt es vorn zwei paarige kleiner Knochenvorsprünge. Das eine Paar befindet sich direkt über dem anderen. Dabei handelt es sich um die **Spinae mentales superiores** und die **Spinae mentales inferiores**. Sie dienen als Muskelursprünge für Muskeln, die in die Zunge einstrahlen, und für Muskulatur, die die Mandibula mit dem Os hyoideum verbindet.

Eine erhabene, stufenartig verlaufende Linie ist die **Linea mylohyoidea**, die unter den Spinae mentales inferiores entspringt, sich von der Mittellinie in dorsokranialer Richtung entlang der

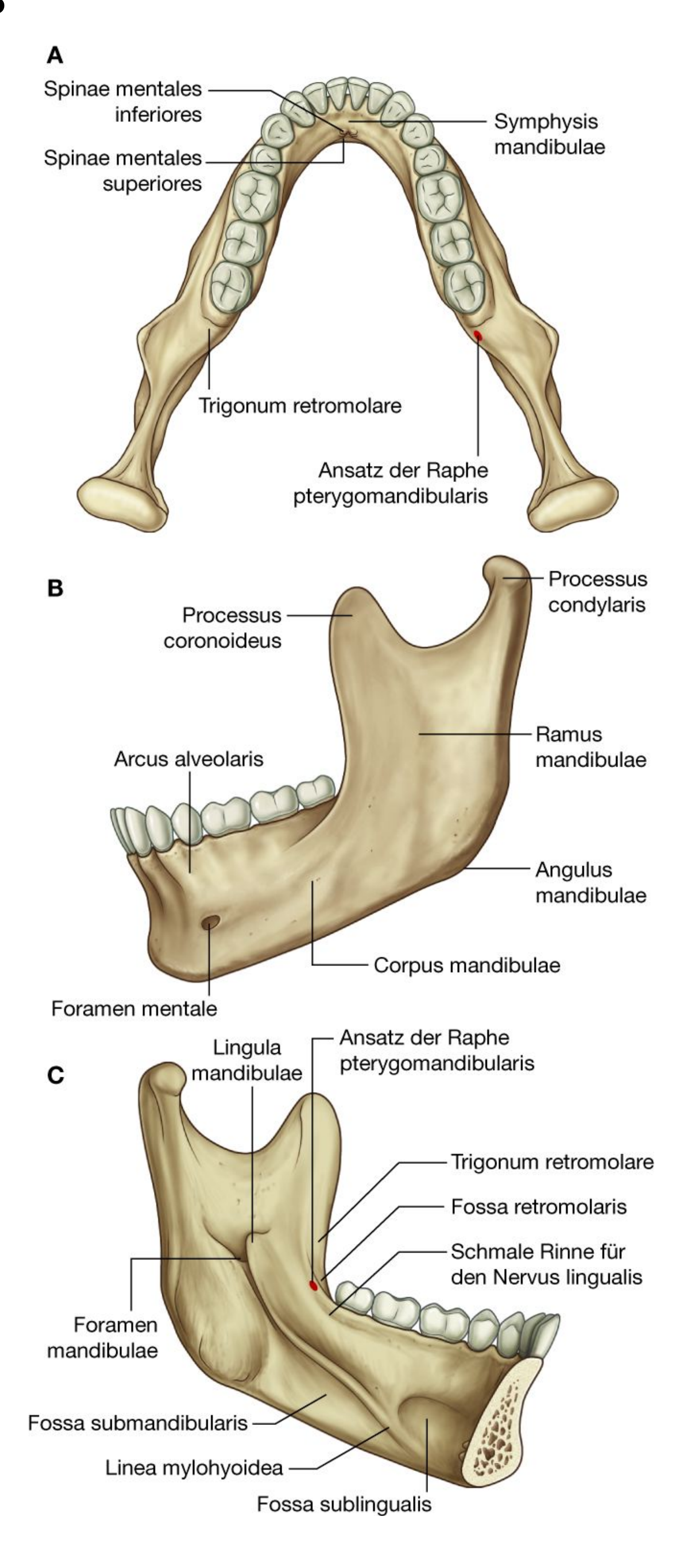
Innenfläche jeder Seite der Mandibula erstreckt und direkt unterhalb des letzten Molaren endet.

Oberhalb des vorderen Drittels der Linea mylohyoidea befindet sich eine leichte Vertiefung **(Fossa sublingualis)**, und unterhalb der hinteren zwei Drittel befindet sich eine weitere Vertiefung **(Fossa submandibularis)**.

Zwischen dem letzten Molaren und der Linea mylohyoidea verläuft eine flache Rinne für den Nervus lingualis.

Direkt dorsal des letzten Molaren gibt es an der medialen Oberfläche des Corpus mandibulae eine kleine dreieckige Vertiefung **(Trigonum retromolare)**. Die Raphe pterygomandibularis ist genau medial der Spitze dieses Dreiecks befestigt und erstreckt sich von hier bis kranial zur Spitze des Hamulus pterygoideus.

Abb. 8.236



Mandibula. **A**. Ansicht von oben. **B**. Ansicht von lateral. **C**. Ansicht von medial.

Der Ramus mandibulae ist viereckig und sagittal ausgerichtet. Auf der Innenseite des Ramus mandibulae befindet sich das **Foramen mandibulae** als Öffnung für den Nervus alveolaris inferior und die dazugehörigen Gefäße in die Mandibula.

Kranial setzt sich der Ramus mandibulae in den **Processus coronoideus** für den Ansatz des Musculus temporalis sowie in den **Processus condylaris** zur Artikulation in der Articulatio temporomandibularis fort. Zwischen beiden Fortsätzen liegt die Incisura mandibulae.

Os hyoideum

Das U-förmige Os hyoideum befindet sich im Hals zwischen Kehlkopf und Mandibula. Es besteht aus einem vorderen Corpus und zwei großen Cornua majora, die in dorsokranialer Richtung vom Corpus abstehen (Abb. 8.237). An der kranialen Fläche des Corpus, an der die Cornua majora mit dem Corpus verbunden sind, entspringen zwei kleinere kegelförmige Cornua minora. Die Ligamenta stylohyoidea inserieren an den Spitzen der Cornua minora.

Das Zungenbein ist ein wichtiger Knochen des Halses, da es den Boden der Mundhöhle ventral mit dem Pharynx dorsal und dem Kehlkopf kaudal verbindet.

Seitenwände: die Wangen

Die Wände der Mundhöhle werden von den Wangen gebildet.

Jede Wange besteht aus Faszie und einer Schicht Skelettmuskulatur zwischen der Haut außen und der Mundschleimhaut innen. Die dünne Schicht aus Skelettmuskulatur innerhalb der Wangen ist der Musculus buccinator. Der Musculus buccinator ist der einzige mimische Muskel, der eine Faszie besitzt.

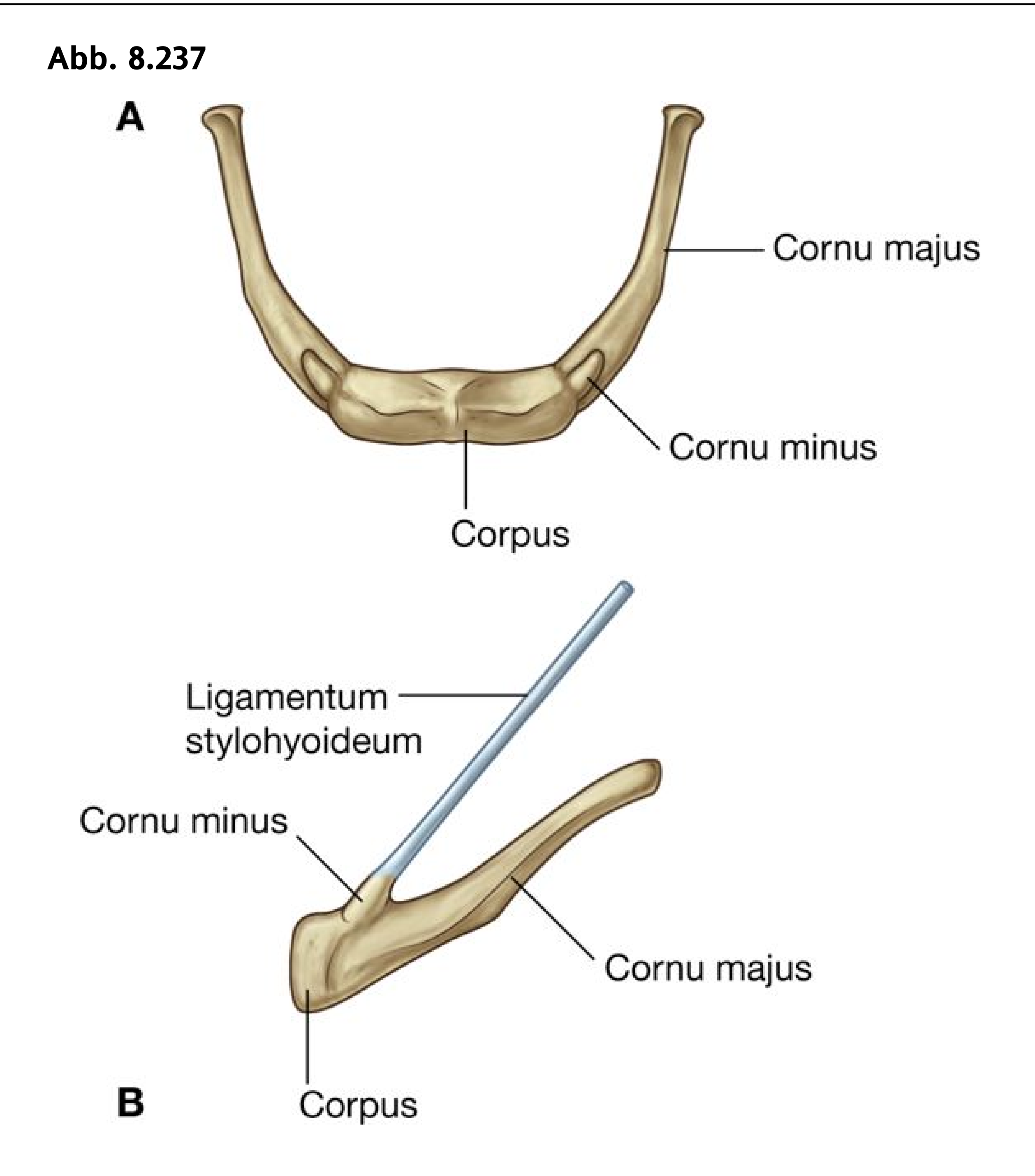
Musculus buccinator

Der Musculus buccinator gehört zur mimischen Muskulatur (Abb. 8.238). Er befindet sich auf gleicher Höhe mit dem Musculus constrictor pharyngis superior des Pharynx, wobei der Hinterrand des Musculus buccinator über die Raphe pterygomandibularis mit dem Vorderrand des Musculus constrictor pharyngis superior verbunden ist. Die Raphe spannt sich zwischen dem Hamulus pterygoideus ossis sphenoidalis oben und der angerauten Fläche an der Mandibula direkt hinter dem letzen Molaren unten aus.

Der Musculus buccinator und der Musculus constrictor pharyngis superior sorgen so für eine Kontinuität zwischen den Wänden der Mund- und der Rachenhöhle.

Der Musculus buccinator entspringt allerdings nicht nur von der Raphe pterygomandibularis, sondern auch direkt von der Pars alveolaris mandibulae und vom Processus alveolaris der Maxilla.

Abb. 8.237



Os hyoideum. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Ansicht von lateral.

Von diesen drei Ursprungsorten ziehen die Fasern des Musculus buccinator nach vorn und verschmelzen mit Fasern des Musculus orbicularis oris. Sie setzen am Modiolus, einem kleinen „knopfartigen“ Bindegewebsknoten an der Schnittstelle zwischen Lippen- und Wangenmuskulatur auf jeder Seite, an.

Der Musculus buccinator drückt die Wangen gegen den Arcus alveolaris und sorgt dafür, dass die Nahrung beim Kauen zwischen den Zähnen bleibt. Gleichzeitig sorgt er dafür, dass man sich beim Kauen nicht in die Wange beißt.

Der Musuclus buccinator wird vom Nervus buccalis aus dem Nervus facialis [VII] innerviert. Die sensiblen Fasern von Haut und Mundschleimhaut der Wangen verlaufen mit dem Nervus buccalis des Nervus mandibularis [V_3].

Mundboden

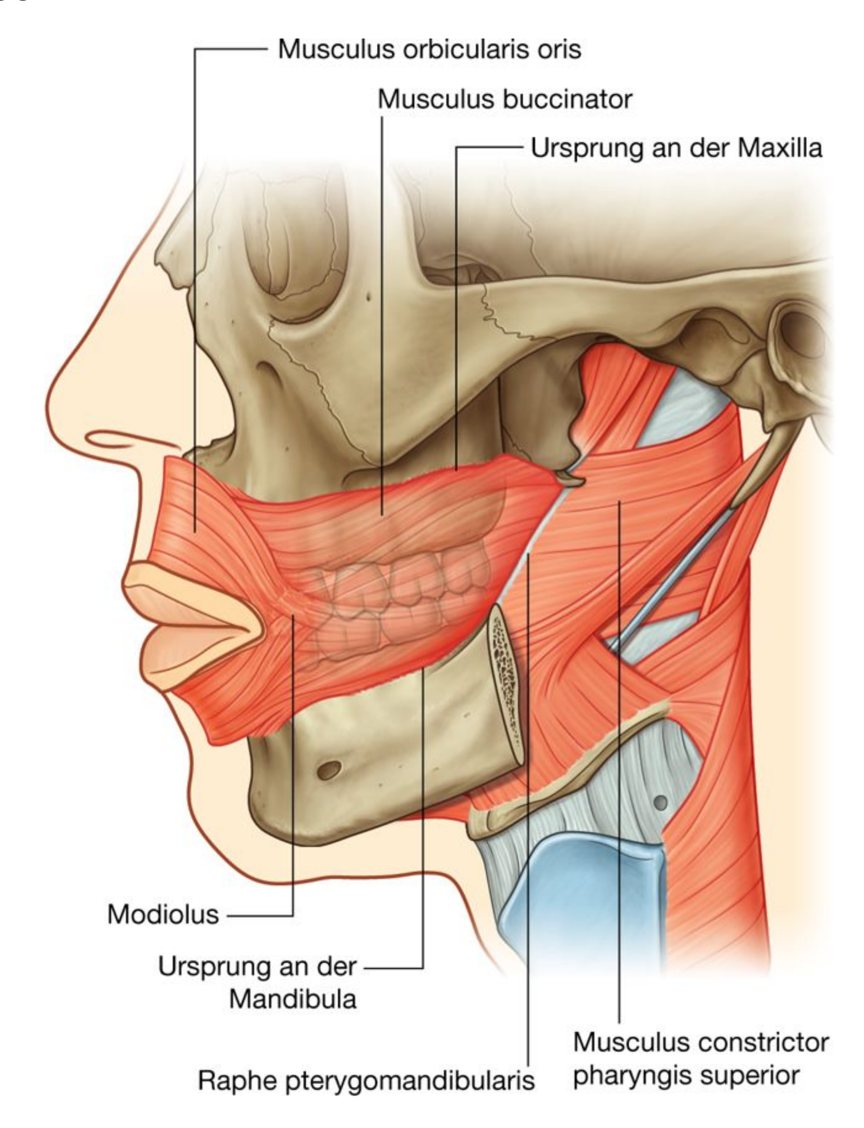
Der Boden der Cavitas oris propria wird hauptsächlich von drei Strukturen gebildet:

- einem aus Muskulatur bestehenden Mundboden (Diaphragma oris), das den U-förmigen horizontalen Spalt zwischen linker und rechter Seite der Mandibula ausfüllt und aus dem paarigen Musculus mylohyoideus besteht
- zwei seilartigen Musculi geniohyoidei oberhalb des Diaphragma oris, die an der Mandibula entspringen und zum Os hyoideum ziehen
- der Zunge, die sich oberhalb der Musculi geniohyoidei anschließt.

1023

1024

Abb. 8.238



Musculus buccinator.

Außerdem kommen oberhalb des Bodens der Mundhöhle Speicheldrüsen und deren Ausführungsgänge vor. Die größte dieser Speicheldrüsen ist die Glandula sublingualis auf jeder Seite. Die paarige Glandula submandibularis liegt zum größten Teil unterhalb des Mundbodens, windet sich aber dorsal um den Musculus mylohyoideus und kann teilweise auf dem Mundboden liegen. Ihr Ausführungsgang, der Ductus submandibularis (Wharton-Gang), verläuft oberhalb des Mundbodens.

Musculus mylohyoideus

Die beiden dünnen Musculi mylohyoidei (Tab. 8.20) bilden gemeinsam das Diaphragma oris, die untere Grenze des Mundbodens (Abb. 8.239A). Jeder Muskel ist dreieckig und zeigt mit der Spitze nach rostral.

Der laterale Rand jedes Musculus mylohyoideus entspringt an der Linea mylohyoidea des Corpus mandibulae. Von hier verlaufen die Fasern leicht kaudalwärts zum medialen Rand in der Mittellinie, um in der Mittellinie mit den Fasern der Gegenseite an der Raphe mylohyoidea zu inserieren. Die Raphe mylohyoidea erstreckt sich vom dorsalen Hinterrand der Symphysis mandibulae vorn bis zum Corpus ossis hyoidei hinten.

Der dorsale Rand jedes Musculus mylohyoideus ist bis auf eine kleine mediale Befestigung am Os hyoideum frei.

Der Musculus mylohyoideus

- trägt zur strukturellen Stützung des Mundbodens bei
- ist im Rahmen des Schluckakts am Heben und Vorwärtsziehen des Os hyoideum und somit auch des daran befestigten Kehlkopfs beteiligt
- senkt den Unterkiefer bei fixiertem Os hyoideum und leitet die Mundöffnung ein.

Der Musculus mylohyoideus wird wie die Kaumuskeln vom Nervus mandibularis [V_3] innerviert. Der spezifische Ast für den Musculus mylohyoideus ist der Nervus mylohyoideus, der aus dem Nervus alveolaris inferior hervorgeht. Der Nervus mylohyoideus innerviert außer dem Musculus mylohyoideus noch den Venter anterior des digastricus unterhalb des Mundbodens.

Tab. 8.20 Muskulatur des Mundbodens

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus mylohyoideus	Linea mylohyoidea der Mandibula	In der Mitte an der Raphe mylohyoidea sowie am angrenzenden Teil des Os hyoideum	Nervus mylohyoideus aus dem Nervus alveolaris inferior des Nervus mandibularis [V_3]	Stützen und Heben des Mundbodens; Senken der Mandibula bei fixiertem Os hyoideum (Einleiten der Mundöffnung), Heben und Vorwärtsziehen des Os hyoideum bei fixierter Mandibula
Musculus geniohyoideus	Spinae mentales inferiores der Mandibula	Corpus ossis hyoidei	C1 via Nervus hypoglossus	Heben und Vorwärtsziehen des Os hyoideum bei fixierter Mandibula; Senken der Mandibula bei fixiertem Os hyoideum

1024

1025

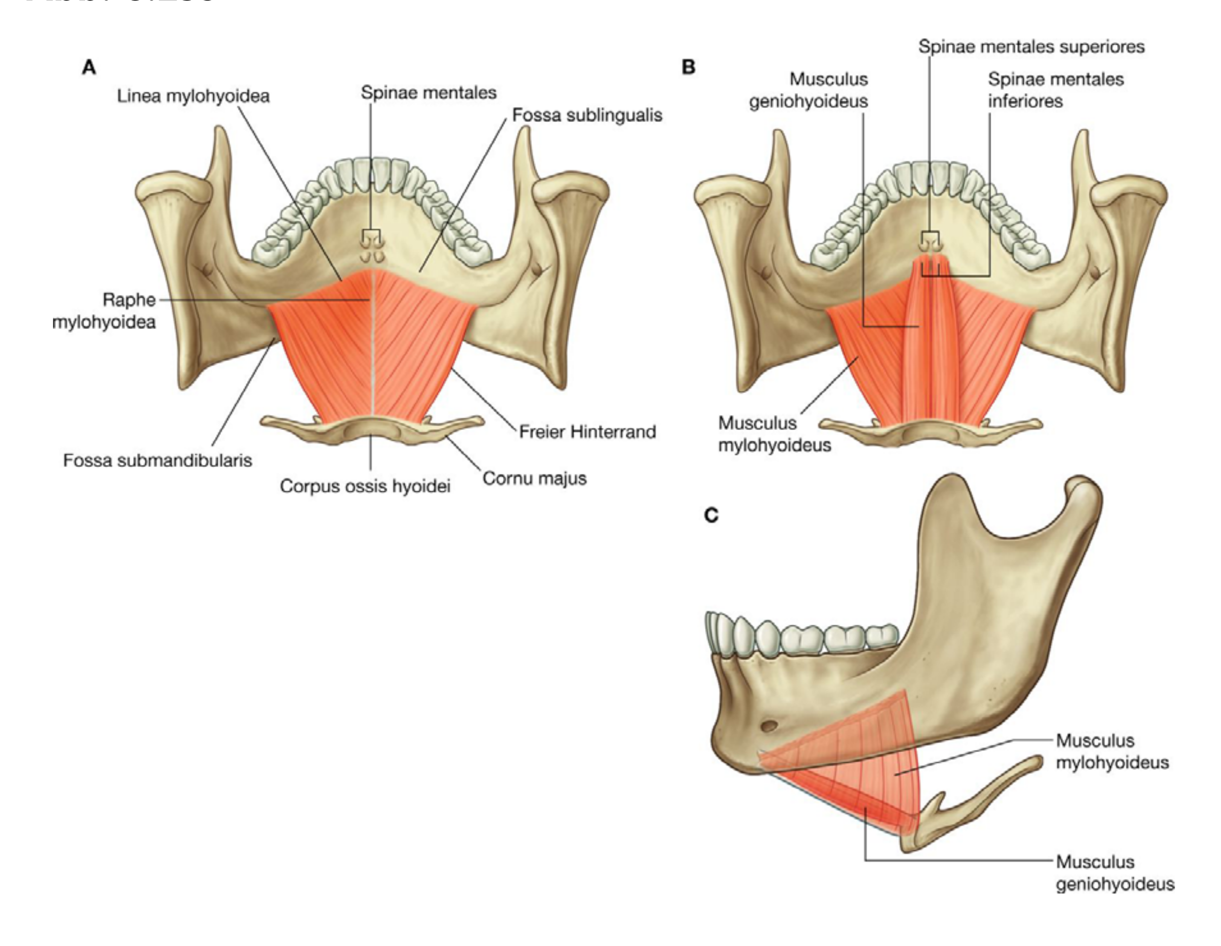
Musculus geniohyoideus

Die Musculi geniohyoidei (Tab. 8.20) sind paarige seilartige Muskeln, die beidseits der Mittellinie von den Spinae mentales inferiores an der Rückseite der Symphysis mandibulae zur Vorderfläche des Os hyoideum verlaufen (Abb. 8.239B, C). Sie befinden sich direkt oberhalb des Musculus mylohyoideus am Boden der Mundhöhle und unterhalb der Musculi genioglossi, die einen Teil der muskulären Zungenwurzel bilden.

Die Musculi geniohyoidei

- ziehen das Os hyodieum und somit auch den daran aufgehängten Kehlkopf während des Schluckenvorgangs nach vorn und kranial
- können bei fixiertem Os hyoideum aufgrund ihres nach dorsokaudal ausgerichteten Faserverlaufs von der Mandibula zum Os hyoideum gemeinsam mit dem Musculus mylohyoideus den Unterkiefer senken und den Mund öffnen.

Abb. 8.239



A. Musculi mylohyoidei. **B**. Musculi geniohyoidei. **C**. Laterale Ansicht.

Im Gegensatz zu anderen Muskeln, die den Unterkiefer in der Articulatio temporomandibularis bewegen, werden die Musculi geniohyoidei von Ästen des Zervikalnervs C1 innerviert, die mit dem Nervus hypoglossus [XII] zum Boden der Mundhöhle gelangen.

Zugänge zum Mundboden

Der freie dorsale Rand des Musculus mylohoideus bildet nicht nur die Untergrenze des Mundbodens, sondern auf jeder Seite auch einen der drei Ränder einer dreieckigen Öffnung, die als Hauptdurchtrittsstelle für Strukturen des oberen Halses und der Fossa infratemporalis des Kopfes zum Boden der Mundhöhle dient (Abb. 8.240). Die anderen beiden Muskeln, die die Ränder der dreieckigen Öffnung bilden, sind der Musculus constrictor pharyngis superior und der Musculus constrictor pharyngis medius.

Die meisten Strukturen, die durch die dreieckige Öffnung ziehen, stehen mit der Zunge in Verbindung. Zu ihnen gehören Muskeln (Musculus hypoglossus, Musculus styloglossus), Gefäße (Arteria und Vena lingualis), Nerven (Nervus lingualis, Nervus hypoglossus [XII], Nervus glossopharyngeus [IX]) sowie Lymphgefäße. Die Glandula submandibularis (paarige Unterkieferspeicheldrüse) ist um den freien posterioren Rand des Musculus mylohyoideus gewunden und zieht somit ebenso durch die Öffnung.

1025
1026

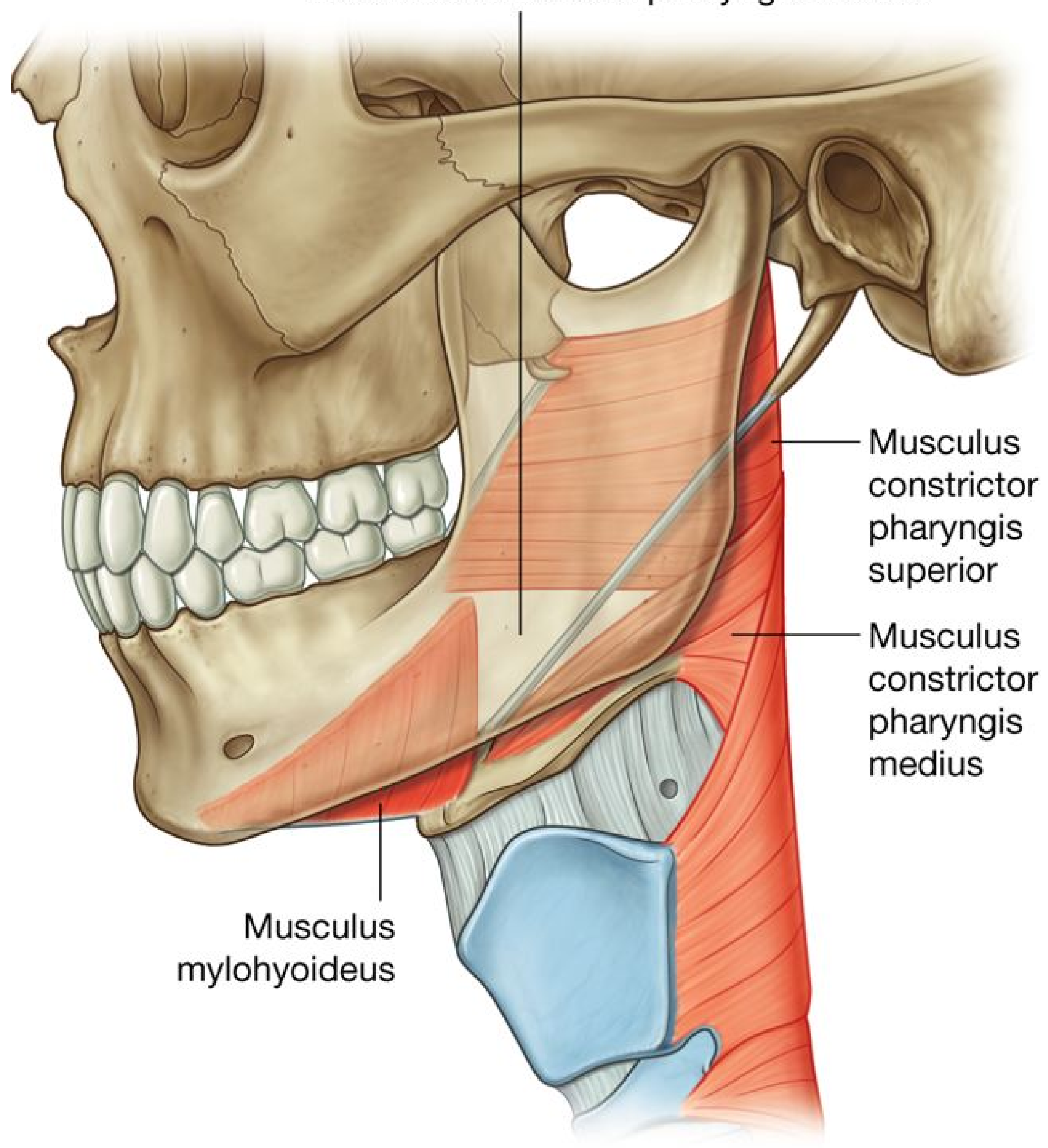
Zunge

Die Zunge besteht überwiegend aus Muskulatur, die einen Teil des Mundbodens und einen Teil der Vorderwand des Oropharynx bildet (Abb. 8.241A). Ihr vorderer Anteil füllt die Mundhöhle aus und ist etwas dreieckig geformt, besitzt aber eine stumpfe Zungenspitze **(Apex linguae)**. Die Zungenspitze zeigt nach vorn und befindet sich direkt hinter den Schneidezähnen. Die Zungenwurzel **(Radix linguae)** ist an der Mandibula und am Os hyoideum befestigt.

Die Oberfläche der oralen oder vorderen zwei Drittel der Zunge ist horizontal ausgerichtet.

Die pharyngeale Oberfläche oder das hintere Zungendrittel ist nach hinten unten gekrümmt und eher vertikal ausgerichtet. Die orale und die pharyngeale Oberfläche sind durch einen V-förmigen **Sulcus terminalis linguae** voneinander getrennt. Der Sulcus terminalis linguae bildet den kaudalen Rand des Isthmus faucium zwischen Mund- und Rachenhöhle. An der Spitze des V-förmigen Sulcus gibt es eine kleine Vertiefung, das **Foramen caecum linguae**. Die Vertiefung markiert die Stelle, an der die Schilddrüse im Rahmen der Embryonalentwicklung ihren Ausgang genommen hat. Hier hat sich das Epithel eingestülpt, um die Schilddrüse zu bilden. *Bei einigen Menschen gibt es einen persistierenden Ductus thyroglossus, der das Foramen caecum an der Zunge mit der Schilddrüse im Hals verbindet. Manchmal steht die Schilddrüse auch noch über einen langen Lobus pyramidalis mit dem Foramen caecum in Kontakt.*

Abb. 8.240



Zugänge zum Mundboden.

Papillen

Die Oberseite des oralen Teils der Zunge wird von mehreren hundert Zungenpapillen bedeckt, die von der Zungenbinnenmuskulatur durch die **Aponeurosis linguae** (Bindegewebsplatte) getrennt sind (Abb. 8.241B):

- Die **Papillae filiformes** (Fadenpapillen) sind kleine, zapfenförmige Schleimhautausstülpungen, die in einem oder in mehreren Punkten enden. Sie kommen überall auf dem präsulkalen Teil des Zugenrückens vor und sind für die raue Oberfläche der Zunge verantwortlich. Sie haben Tastfunktion.
- Die **Papillae fungiformes** (Pilzpapillen) kommen in geringerer Anzahl vor. Sie sind rundlicher und größer als die Papillae filiformes und kommen hauptsächlich an der Zungenspitze und auf dem Zungenrücken vor. Sie besitzen Geschmacksknospen sowie Thermo- und Mechanorezeptoren.
- Die größten Papillen sind die **Papillae vallatae** (Wallpapillen), acht bis zwölf stumpfe zylindrische Ausstülpungen der Zungenoberfläche, die in einer V-förmigen Linie direkt vor dem Sulcus terminalis angeordnet sind. Sie besitzen einen Spülgraben und sind reichlich mit Geschmacksknospen ausgestattet.
- Die **Papillae foliatae** (Blattpapillen) sind lineare Schleimhautfalten am hinteren Zungenrand. Sie enthalten ebenfalls Geschmacksknospen.

Die Papillen vergrößern die Kontaktfläche zwischen der Zungenoberfläche und dem Inhalt der Mundhöhle. Außer den Zungenpapillen kommen Geschmacksknospen auch an den Kaumenbögen und auf der Epiglottis vor.

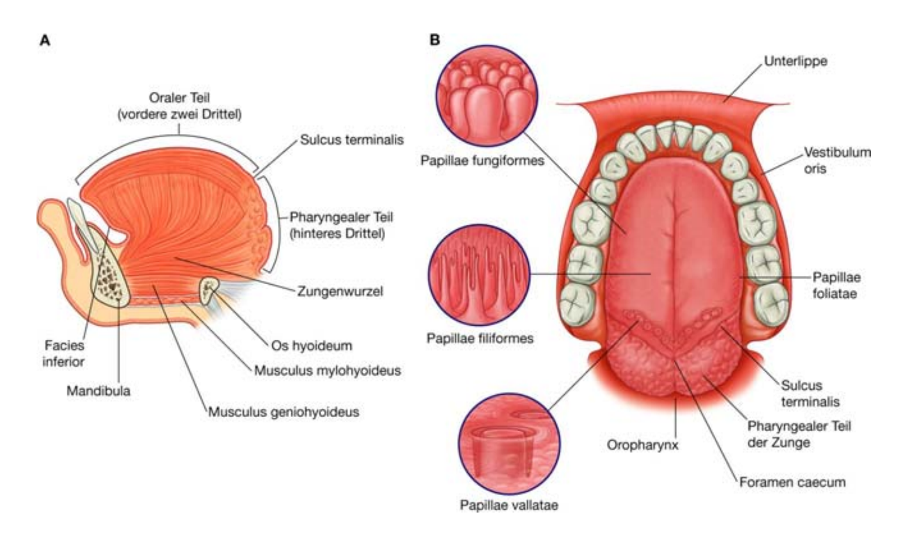
Unterseite der Zunge

Die Facies inferior des oralen Anteils der Zunge besitzt keine Papillen, hat dafür aber zahlreiche Schleimhautfalten. Die mittig unter der Zunge aufsteigende Schleimhautfalte ist das **Frenulum linguae**. Es geht in die Schleimhaut des Mundbodens über und liegt über dem Unterrand des ebenfalls in der Mittellinie liegenden Septum linguae, das innerhalb der Zunge die rechte von der linken Zungenhälfte trennt. An jeder Seite des Frenulums befindet sich eine Vena lingualis, und lateral jeder Vene liegt eine gefurchte **Plica fimbriata**.

1026

1027

Abb. 8.241



Zunge. **A**. Paramedianschnitt. **B**. Ansicht von oben.

Pharyngeale Oberfläche

Die Schleimhaut, die die pharyngeale Oberfläche der Zunge bedeckt, ist sehr unregelmäßig geformt, da das Epithel größtenteils von Lymphozyten durchsetzt wird, die zur subepithelial gelegenen **Tonsilla lingualis** gehören. Die Tonsilla lingualis ist Teil des Waldeyer-Rachenrings (lymphatischer Rachenring).

Die pharyngeale Oberfläche besitzt keine Zungenpapillen.

Muskulatur

Die Zunge besteht aus Muskulatur (Abb. 8.242 und Tab. 8.21). In der Medianebene wird sie von dem bindegewebigen **Septum linguae** vollständig in eine rechte und linke Hälfte geteilt. Dies bedeutet, dass sämtliche Muskeln der Zunge paarig angelegt sind. Man unterscheidet innere und äußere Zungenmuskeln. Von den Papillen ist die Zungenmuskulatur durch die bindegewebige **Aponeurosis linguae** getrennt.

Mit Ausnahme des Musculus palatoglossus, der vom Nervus vagus [X] innerviert wird, werden alle Muskeln der Zunge vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Binnenmuskulatur

Die inneren Zungenmuskeln (Abb. 8.242) entspringen und setzen innerhalb der Zunge an. Sie werden eingeteilt in den **Musculus longitudinalis superior**, den **Musculus longitudinalis inferior**, den **Musculus transversus linguae** und den **Musculus verticalis linguae**. Sie verändern die Form der Zunge, indem sie

- die Zunge verlängern oder verkürzen
- die Spitze und die Ränder der Zunge rollen oder wieder entrollen
- die Oberfläche der Zunge abflachen und runden.

Die Muskeln können einzeln oder paarweise eingesetzt werden. Sie tragen zu präzisen Bewegungen bei, die für Sprache, Nahrungsaufnahme und Schlucken benötigt werden.

Außenmuskulatur

Die äußeren Zungenmuskeln (Abb. 8.242 und Tab. 8.21) entspringen außerhalb der Zunge, setzen aber innerhalb der Zunge an. Es gibt vier äußere Muskelpaare. Auf jeder Seite der Zunge inserieren die Musculi genioglossus, hyoglossus, styloglossus und palatoglossus. Die vier Muskeln schieben die Zunge vor, ziehen sie zurück, heben oder senken sie.

Musculus genioglossus

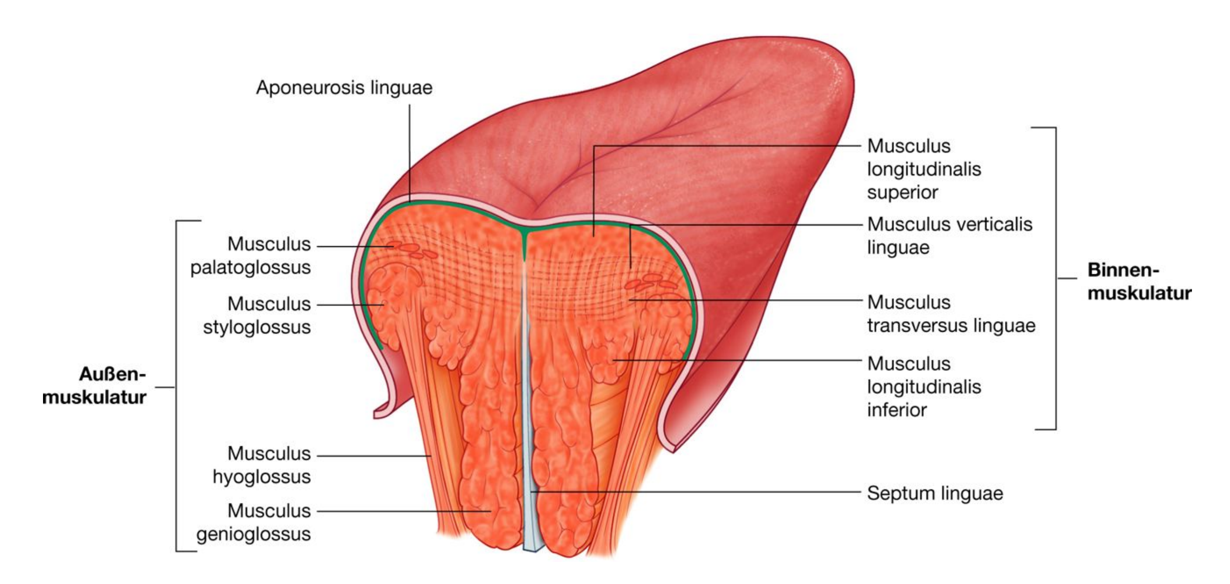
Der dicke, fächerförmige **Musculus genioglossus** ist wesentlich am strukturellen Aufbau der Zunge beteiligt. Er inseriert beidseits an der Aponeurosis linguae.

Der paarige Musculus genioglossus entspringt an der Spina mentalis superior auf der dorsalen Seite der Symphysis mandibulae direkt oberhalb des Urspungs des Musculus geniohyoideus (Abb. 8.243). Von dieser kleinen Ursprungsstelle breitet sich der Muskel fächerförmig nach dorsal und kranial aus. Die meisten unteren Fasern setzen am Os hyoideum an; die oberen Fasern ziehen zur Aponeurosis linguae. Der Musculus genioglossus

1027

1028

Abb. 8.242



Zungenmuskulatur.

Tab. 8.21 Zungenmuskulatur

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Binnenmuskulatur				
Musculus longitudinalis superior (direkt unter der Zungenaponeurose)	Aponeurosis linguae	Aponeurosis linguae	Nervus hypoglossus [XII]	Verkürzung und Verbreiterung der Zunge; Umklappen der Zungenspitze und der Zungenränder
Musculus longitudinalis inferior (zwischen Musculus genioglossus und Musculus hyoglossus)	Corpus linguae (einige Fasern entspringen am Os hyoideum)	Corpus linguae	Nervus hypoglossus [XII]	Verkürzung und Verbreiterung der Zunge; Entrollen und Hinunterdrücken der Zungenspitze
Musculus transversus linguae	Septum linguae	Aponeurosis linguae	Nervus hypoglossus [XII]	Verschmälern und Verlängern der Zunge
Musculus verticalis linguae	Aponeurosis linguae und Unterfläche der Zunge	Aponeurosis linguae und Unterfläche der Zunge	Nervus hypoglossus [XII]	Abflachen und Verlängern der Zunge
Außenmuskulatur				
Musculus genioglossus	Spina mentalis superior	Aponeurosis linguae, Os hyoideum, Epiglottis	Nervus hypoglossus [XII]	Zieht Zunge nach vorn unten; verlagert Zungenmitte nach unten; zieht Epiglottis leicht nach vorn
Musculus hyoglossus	Cornu majus und Corpus des Os hyoideum	Laterale Seite der Zunge	Nervus hypoglossus [XII]	Zieht Zunge nach hinten unten
Musculus styloglossus	Processus styloideus (anterolaterale Fläche)	Laterale Seite der Zunge	Nervus hypoglossus [XII]	Zieht Zunge nach hinten oben
Musculus palatoglossus	Unterseite der Aponeurosis palatina (weicher Gaumen)	Laterale Seite der Zunge	Ramus pharyngeus aus dem Plexus pharyngeus	Senken des Gaumens, Verengung des Isthmus faucium, Heben des Zungenrückens

1028

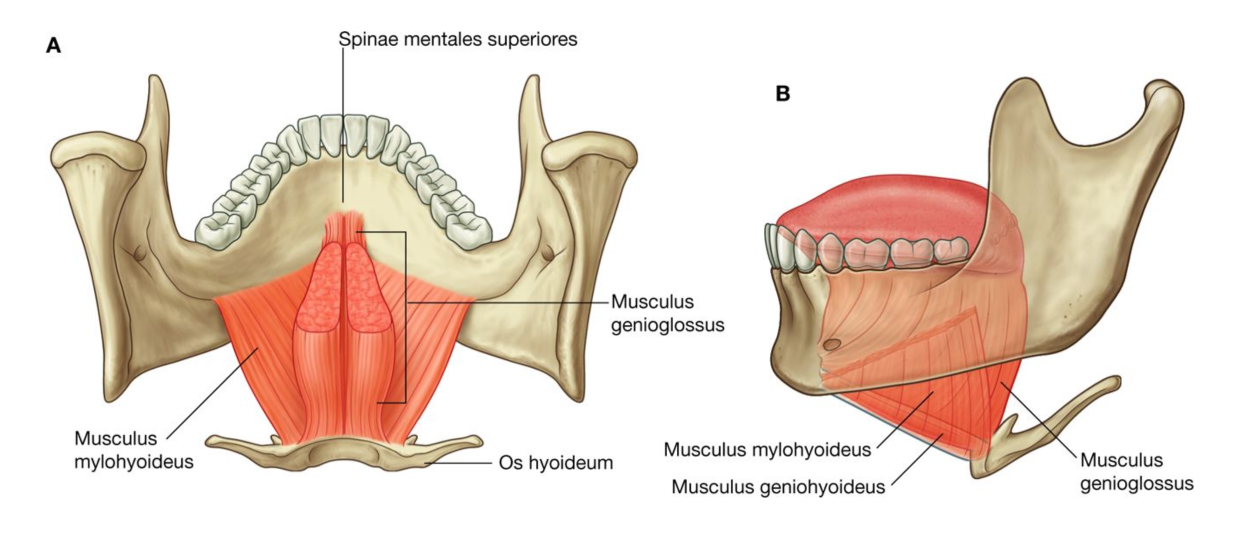
1029

- zieht den zentralen Teil der Zunge nach unten
- schiebt den vorderen Teil der Zunge aus der Rima oris hinaus (Herausstrecken der Zunge).

Wie die meisten Muskeln der Zunge wird auch der Musculus genioglossus vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Zur Funktionstestung des Nervus hypoglossus [XII] wird der Patient aufgefordert, die Zunge herauszustrecken. Wird die Zunge gleichmäßig nach außen vorgeschoben, sind beide Nervi hypoglossi intakt. Ist der Nerv allerdings auf einer Seite geschädigt, weicht die Zungenspitze zur geschädigten Seite ab.

Abb. 8.243



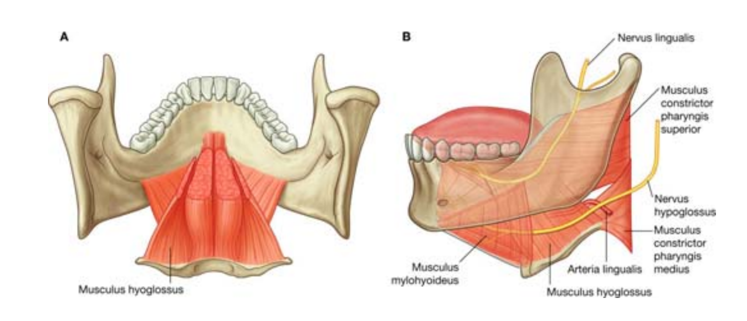
Musculus genioglossus. **A**. Ansicht von hinten. **B**. Ansicht von lateral (links).

Musculus hyoglossus

Der Musculus hyoglossus ist ein dünner, viereckiger Muskel lateral des Musculus genioglossus (Abb. 8.244).

Jeder Musculus hyoglossus entspringt an der gesamten Länge des Cornu majus und des angrenzenden Teils des Corpus ossis hyoidei. Im Ursprungsbereich am Os hyoideum liegt der Musculus hyoglossus lateral vom Ursprung des Musculus constrictor pharyngis medius. Er zieht durch den dreieckigen Spalt zwischen Musculus constrictor pharyngis superior, Musculus constrictor pharyngis medius und Musculus mylohyoideus nach vorn oben, um lateral vom Musculus geniohyoideus und medial vom Musculus styloglossus in die Zunge einzustrahlen. Der Musculus hyoglossus zieht die Zunge nach unten und wird vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Abb. 8.244



Musculus hyoglossus. **A**. Ansicht von hinten. **B**. Ansicht von lateral (links).

Eine wichtige Landmarke

Der Musculus hyoglossus dient als wichtige Landmarke am Boden der Mundhöhle:

- Die Arteria lingualis (Ast der Arteria carotis externa) verläuft tief unter und zwischen dem Musculus hyoglossus und dem Musculus genioglossus in die Zunge hinein.
- Der Nervus hypoglossus [XII] und der Nervus lingualis (Ast des Nervus mandibularis [V_3]) aus dem Hals und der Fossa infratemporalis des Kopfes treten jeweils an der Außenfläche des Musculus hyoglossus in die Zunge ein.

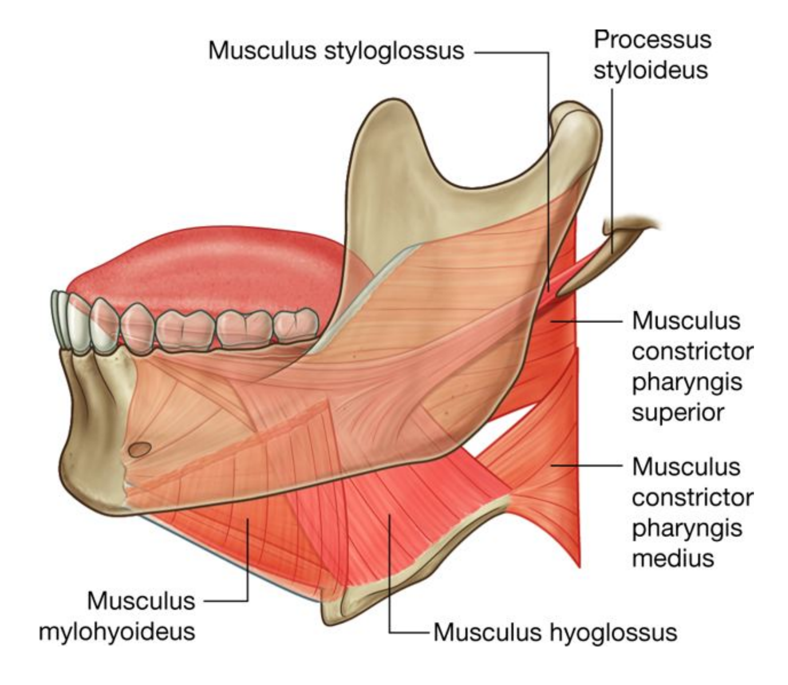
Musculus styloglossus

Der Musculus styloglossus hat seinen Ursprung an der Vorderfläche des Processus styloideus des Os temporale. Um zum lateralen Zungenrand zu gelangen, an dem er mit dem Oberrand der Musculus hyoglossus und der Zugenbinnenmuskulatur verwächst, zieht er durch den dreieckigen Spalt zwischen Musculus constrictor pharyngis superior, Musculus constrictor pharyngis medius und Musculus mylohyoideus in kaudomedialer Richtung (Abb. 8.245). Der Musculus styloglossus zieht die Zunge zurück und den hinteren Teil der Zunge nach oben. Er wird vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Musculus palatoglossus

Der Musculus palatoglossus gehört sowohl zum weichen Gaumen als auch zur Zunge. Er entspringt jeweils an der Unterseite der Aponeurosis palatina und zieht in anterokaudaler Richtung zum lateralen Zungenrand (Abb. 8.246).

Abb. 8.245



Musculus styloglossus.

Der Musculus palatoglossus

- hebt den Zungenrücken
- zieht den Arcus palatoglossus nach medial
- senkt den weichen Gaumen.

Die Bewegungen erleichtern den Verschluss des Isthmus faucium und trennen folglich die Mundhöhle vom Oropharynx.

Im Gegensatz zur übrigen Zungenmuskulatur, aber vergleichbar den meisten Muskeln des weichen Gaumens wird der Musculus palatoglossus über den Ramus pharyngealis aus dem Plexus pharyngeus (Nervi glossopharyngeus [IX] und vagus [X]) innerviert.

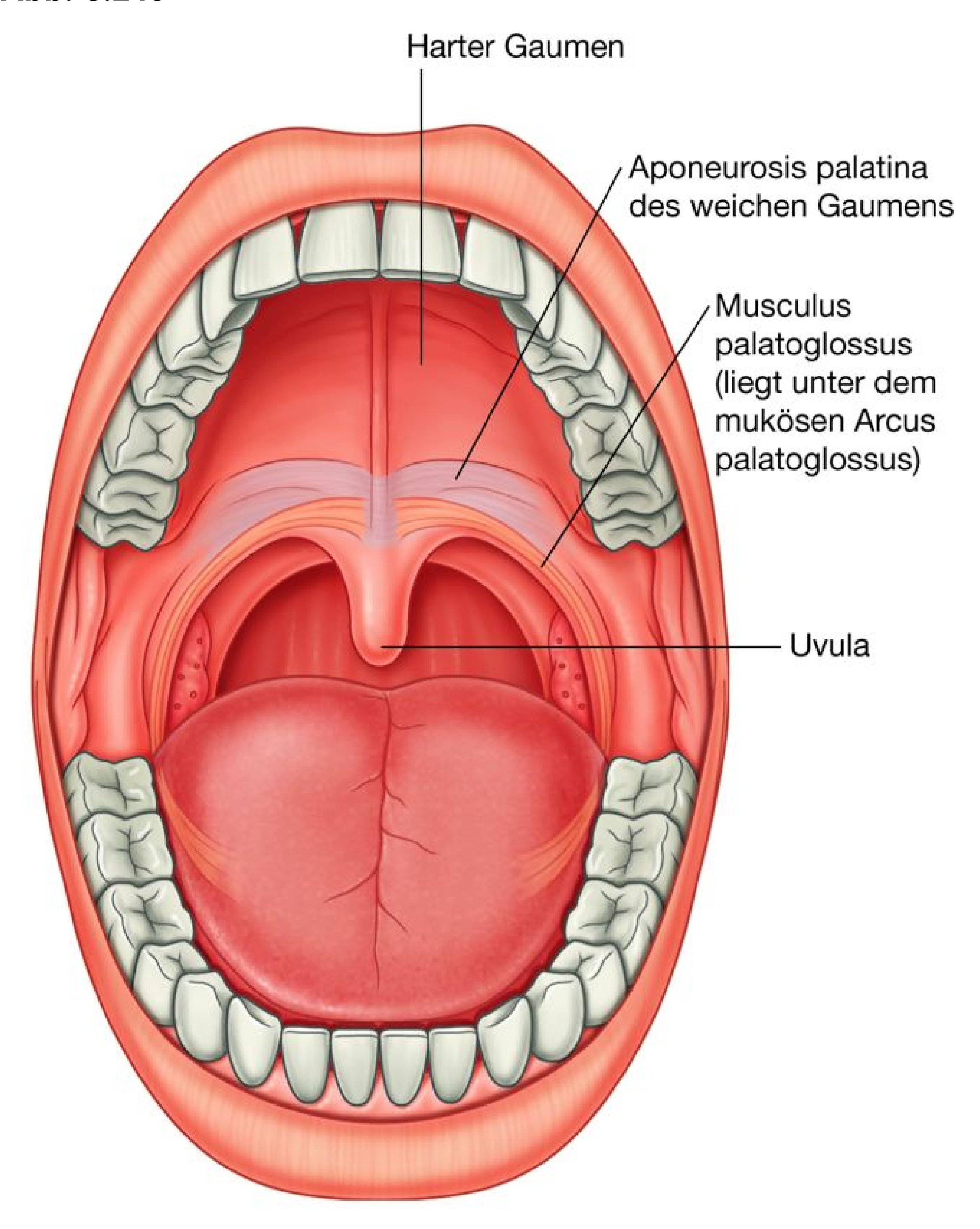
Gefäße

Arterien

Die Hauptarterie der Zunge ist die **Arteria lingualis** (Abb. 8.247).

Sie entspringt im Hals beidseits aus der Arteria carotis externa nahe der Spitze des Cornu majus ossis hyoidei. Anschließend biegt sie nach oben und von dort nach anterokaudal um und tritt mit dem Musculus hyoglossus durch die dreieckige Lücke zwischen den Musculi constrictor pharyngis superior, constrictor pharyngis medius und Musculus mylohyoideus, um zum Boden der Mundhöhle zu gelangen.

Abb. 8.246



Musculus palatoglossus.

1030

1031

Von hier verläuft sie zwischen Musculus hyoglossus und Musculus genioglossus vorwärts zur Zungenspitze.

Außer der Zunge versorgt die Arteria lingualis die Glandula sublingualis, das Zahnfleisch und die Mundschleimhaut am Boden der Mundhöhle.

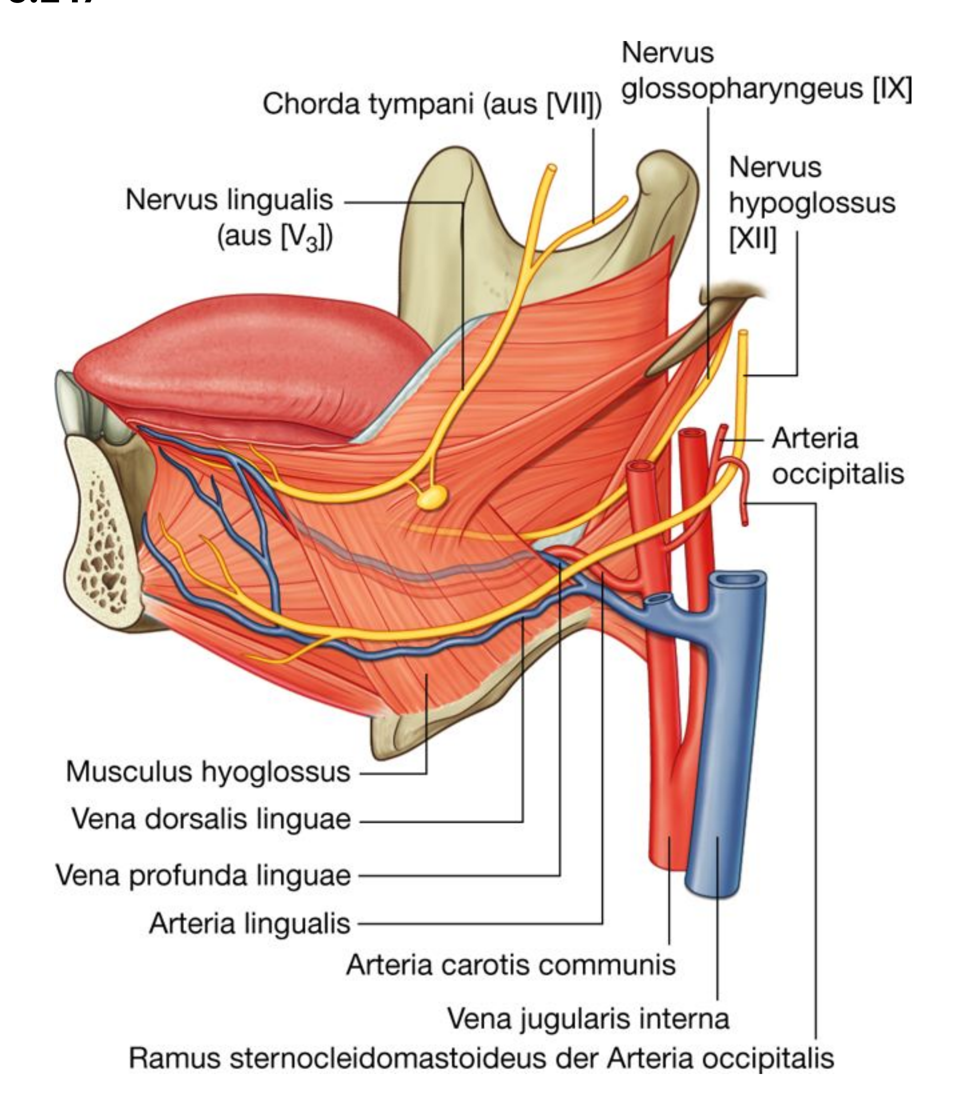
Venen

Das venöse Blut der Zunge wird über die Venae dorsalis linguae und profunda linguae drainiert (Abb. 8.247).

Die **Vena profunda linguae** ist durch die Schleimhaut an der Unterseite der Zunge sichtbar. Obwohl sie im vorderen Teil der Zunge gemeinsam mit der Arteria lingualis verläuft, wird sie hinten durch den Musculus hyoglossus von der Arterie getrennt und verläuft beidseits auf der Außenfläche des Musculus hyoglossus mit dem Nervus hypoglossus [XII] durch die dreieckige Lücke zwischen den Musculi constrictor pharyngis superior, constrictor pharyngis medius und mylohyoideus und aus dem Mundbodenbereich hinaus. Im Hals mündet sie in die Vena jugularis interna.

Die **Vena dorsalis linguae** verbleibt zwischen Musculus hyoglossus und Musculus genioglossus mit der Arteria lingualis und mündet im Hals genau wie die Vena profunda linguae in die Vena jugularis interna.

Abb. 8.247



Arterien, Venen und Nerven der Zunge.

Innervation

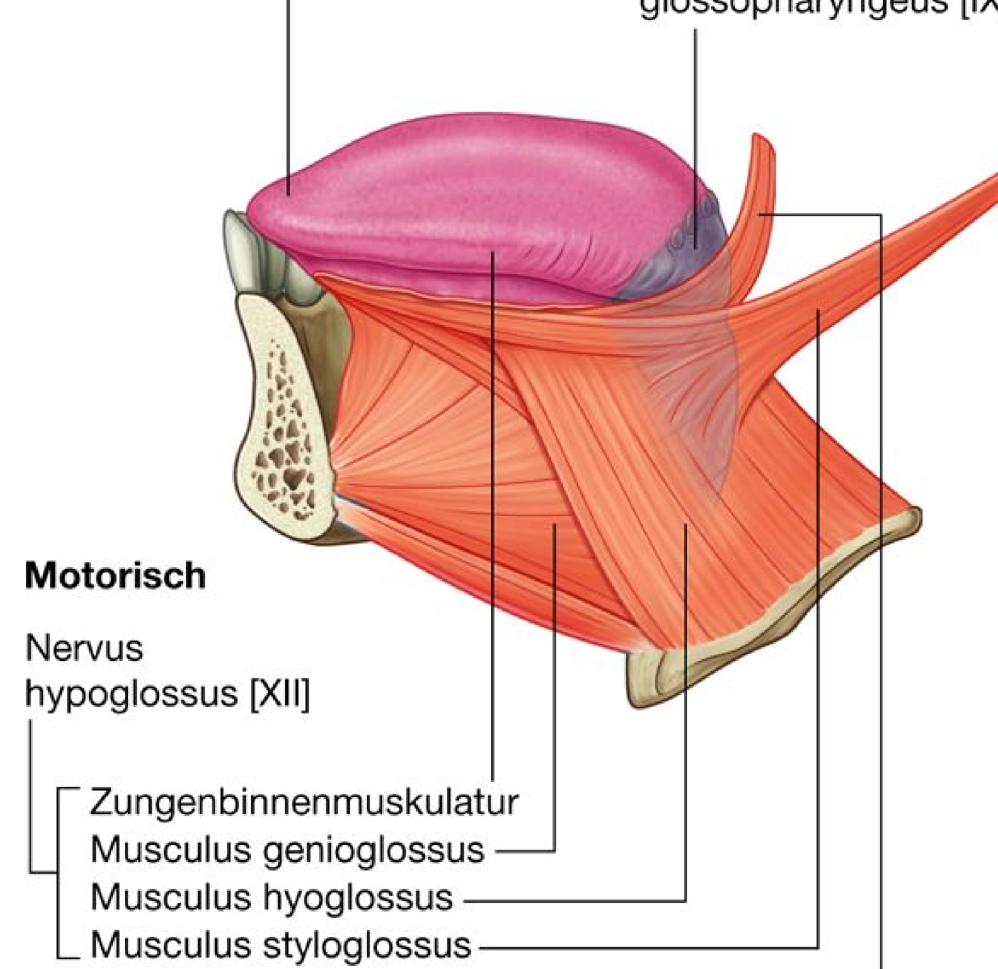
Die Innervation der Zunge ist komplex und erfolgt durch mehrere Nerven (Abb. 8.247 und 8.248).

Nervus glossopharyngeus [IX]

Die sensorische (Geschmack) und sensible Innervation des pharyngealen Teils der Zunge werden vom Nervus glossopharyngeus [IX] vermittelt.

Der Nervus glossopharyngeus [IX] verlässt den Schädel durch das Foramen jugulare und zieht an der Hinterfläche des Musculus stylopharyngeus kaudalwärts. Er biegt um die laterale Seite des Musculus stylopharyngeus und verläuft anschließend durch den hinteren Teil der dreieckigen Lücke zwischen Musculus constrictor pharyngis superior, Musculus constrictor pharyngis medius und Musculus mylohyoideus hindurch. Von hier zieht der Nerv an der oropharyngealen Wand vorwärts direkt bis unter den Unterrand der Tonsilla palatina. An dieser Stelle tritt er tief unter die Musculi styloglossus und hyoglossus in den pharyngealen Teil der Zunge über. Der Nerv führt nicht nur die sensorischen und sensiblen Fasern des hinteren Drittels der Zunge, sondern auch für die Papillae vallatae am Sulcus terminalis.

Abb. 8.248



Innervation der Zunge.

1031

1032

Nervus lingualis

Die sensible Innervation der vorderen zwei Drittel (oraler Teil) der Zunge erfolgt über den **Nervus lingualis**, einen Hauptast des Nervus mandibularis [V_3]. Der Nervus

lingualis entspringt in der Fossa infratemporalis und zieht durch die dreieckige Lücke zwischen Musculus constrictor pharyngis superior, Musculus constrictor pharyngis medius und Musculus mylohyoideus nach rostral in den Mundboden (Abb. 8.249). Dabei liegt er direkt unterhalb des Ursprungs des Musculus constrictor pharyngis superior an der Mandibula und zieht an der medialen Seite der Mandibula nahe dem letzten Molaren und tief im Zahnfleisch vorwärts. *An dieser Stelle kann der Nerv in der Mundhöhle mit dem Finger gegen den Knochen getastet werden*.

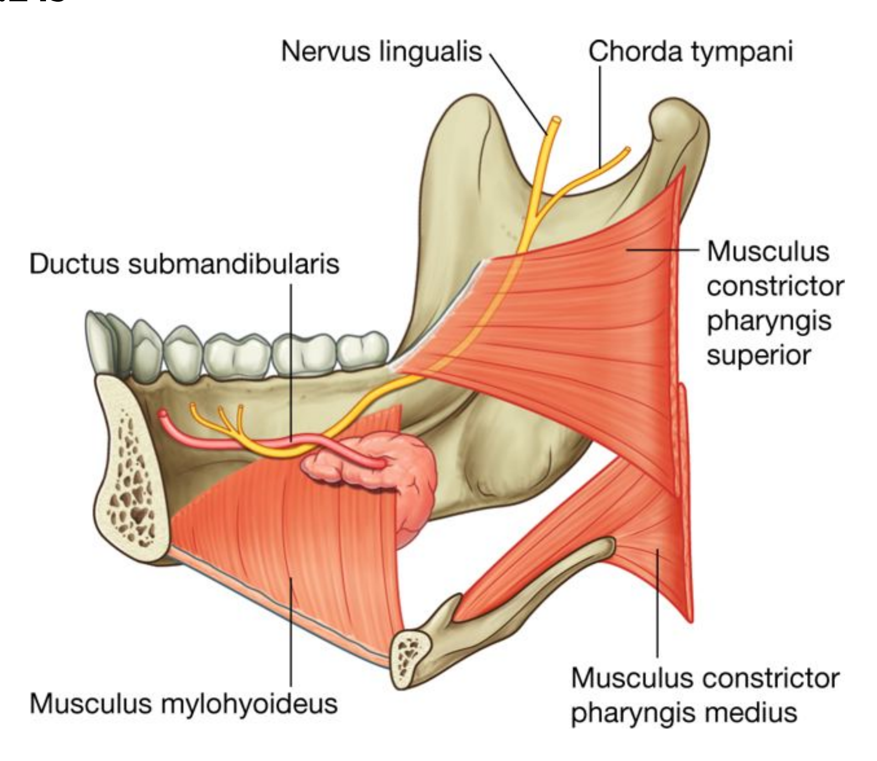
Von hier verläuft der Nervus lingualis entlang dem Mundboden in anteromedialer Richtung, schlängelt sich unter dem Ductus submandibularis hindurch und zieht an der äußeren und kranialen Oberfläche des Musculus hyoglossus in die Zunge hinauf.

Außer sensiblen Fasern des oralen Teils der Zunge führt der Nervus lingualis sensible Fasern aus der Mundschleimhaut des Mundbodens und vom Zahnfleisch der unteren Zähne. Der Nervus lingualis führt darüber hinaus die parasympathischen Fasern und die Geschmacksfasern des oralen Teils der Zunge, die via Chorda tympani den Nervus facialis [VII] erreichen.

Nervus facialis [VII]

Die Geschmacksfasern des oralen Teils der Zunge werden vom Nervus facialis [VII] in das Zentralnervensystem gebracht. Die sensorischen Fasern des Nervus facialis [VII] verlassen die Zunge und die Mundhöhle als Teil des Nervus lingualis und ziehen dann in der Chorda tympani, einem Ast des Nervus facialis [VII], der sich in der Fossa infratemporalis mit dem Nervus lingualis vereinigt (Abb. 8.249).

Abb. 8.249



Nervus lingualis am Mundboden (Ansicht von medial).

Nervus hypoglossus [XII]

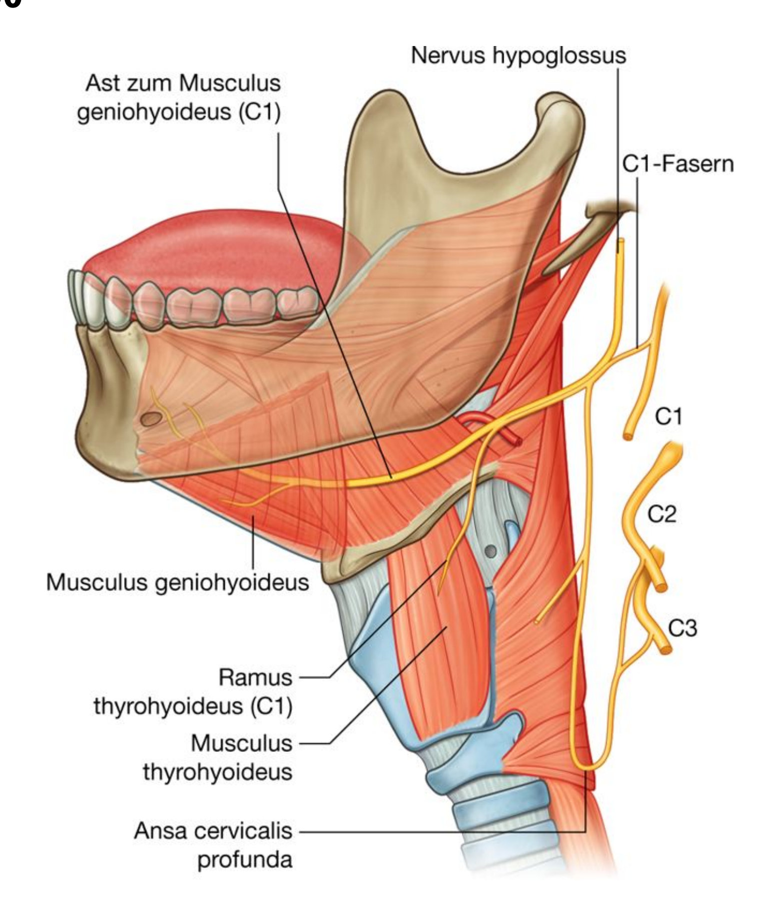
Mit Ausnahme des vom Nervus vagus [X] innervierten Musculus palatoglossus wird die gesamte Muskulatur der Zunge vom Nervus hypoglossus [XII] innerviert.

Der Nervus hypoglossus verlässt den Schädel durch den Canalis nervi hypoglossi und zieht im Hals beinahe senkrecht abwärts bis direkt unterhalb des Angulus mandibulae (Abb. 8.250). Hier biegt er um den Ramus sternocleidomastoideus der Arteria occipitalis, überkreuzt die Arteria carotis interna und verläuft weiter rostralwärts. Dabei überkreuzt er die Arteria lingualis, um die Außenfläche des unteren vorderen Drittels des Musculus hyoglossus zu erreichen.

Der Nervus hypoglossus [XII] verläuft mit dem Musculus hyoglossus durch die dreieckige Lücke zwischen den Musculi constrictor pharyngis superior, constrictor pharyngis medius und mylohyoideus und erreicht so die Zunge.

Im oberen Halsbereich legt sich dem Nervus hypoglossus [XII] ein Ast des Ramus anterior des Zervikalnervs C1 an. Die meisten der C1-Fasern verlassen den Nervus hypoglossus [XII] als Radix superior der Ansa cervicalis profunda wieder (Abb. 8.250). Nahe dem posterioren Rand des Musculus hyoglossus verlassen ihn auch die übrigen C1-Fasern und bilden folgende Äste:

Abb. 8.250



Nervus hypoglossus und C1-Fasern.

- den Ramus thyrohyoideus, der im Hals verbleibt und den Musculus thyrohyoideus innerviert
- den Ramus geniohyoideus, der in den Mundboden zieht und dort den Musculus geniohyoideus innerviert.

Lymphgefäße

Sämtliche Lymphgefäße der Zunge drainieren letztlich in die Kette der Nodi lymphoidei cervicales profundi entlang der Vena jugularis interna:

- Der pharyngeale Teil der Zunge drainiert durch die Rachenwand meist direkt in den Nodus lymphoideus jugulodigastricus der Nodi lymphoidei cervicales profundi.
- Der orale Teil der Zunge drainiert sowohl direkt als auch indirekt über die Nodi lymphoidei submentales und submandibulares in die Nodi lymphoidei cervicales profundi.

Die Nodi lymphoidei submentales befinden sich unterhalb des Musculus mylohyoideus und zwischen den Musculi digastrici; die Nodi lymphoidei submandibulares sind unter dem Mundboden entlang dem inneren Teil des Unterrandes der Mandibula angeordnet.

Die Lymphe der Zungenspitze fließt über den Musculus mylohyoideus in die Nodi lymphoidei submentales und von dort hauptsächlich in den Nodus lymphoideus jugulodigastricus der Nodi lymphoidei cervicales profundi.

Speicheldrüsen

Speicheldrüsen bilden den aus nahezu 99% Wasser bestehenden Speichel und geben ihn in die Mundhöhle ab. Außer Wasser kommen verschiedene Proteine und Peptide, Spurenelemente, Ionen und Enzyme (α-Amylase) vor. Die meisten Speicheldrüsen gehören zur Gruppe der kleinen Speicheldrüsen. Sie liegen innerhalb der Mukosa oder Submukosa des Mundhöhlenepithels am harten und weichen Gaumen (Glandulae palatinae), in der Wange (Glandulae buccales) sowie der Ober- und der Unterlippe (Glandulae labiales) und in der Zungenspitze (Blandin-Nuhn-Drüse; Glandula lingualis anterior). Sie münden direkt oder über kleine Ausführungsgänge in die Mundhöhle. Neben diesen kleinen Drüsen gibt es größere Drüsen, zu denen die paarigen Glandulae parotideae, submandibulares und sublinguales gehören.

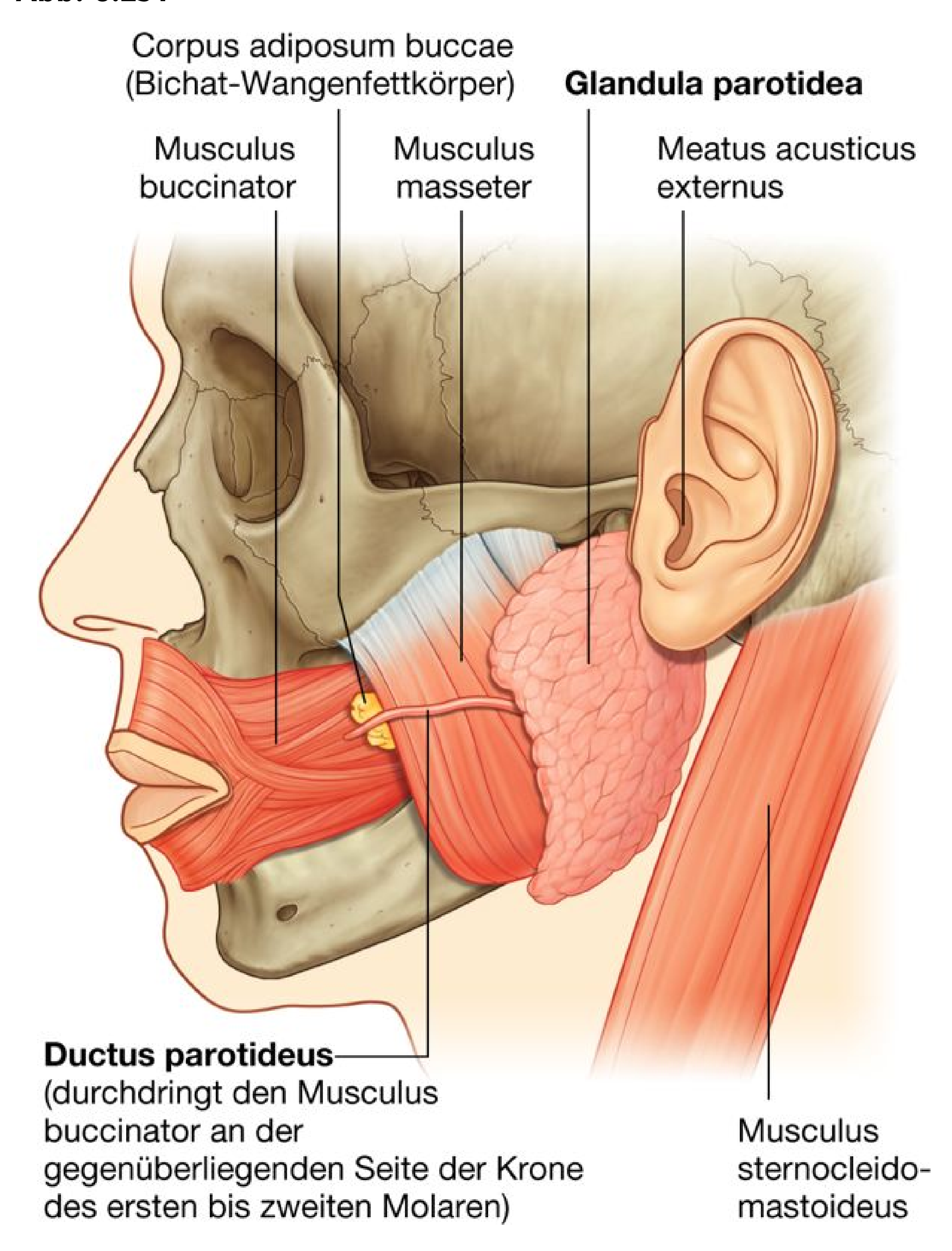
Glandula parotidea

Die Glandula parotidea (Ohrspeicheldrüse) liegt beidseits vollständig außerhalb der Mundhöhle in einer flachen dreieckigen Einbuchtung (Abb. 8.251), die gebildet wird

- hinten vom Musculus sternocleidomastoideus
- vorn vom Ramus mandibulae

- oben vom äußeren Gehörgang sowie den hinteren Anteilen des Arcus zygomaticus.

Abb. 8.251



Glandula parotidea.

Der Ductus parotideus (Stenon-Gang) verläuft über die Außenseite des Musculus masseter nach vorn, bis er an der Wange über den Bichat-Wangenfettköper zieht, nach medial umbiegt

und durch den Musculus buccinator hindurch verläuft, um nahe der Krone des ersten bis zweiten oberen Molaren in die Mundhöhle zu münden.

Die Glandula parotidea umgibt die Arteria carotis externa, die Vena retromandibularis sowie den Ursprung des extrakranialen Teils des Nervus facialis [VII] und füllt mit ihrem tiefen Anteil die Fossa retromandibularis aus.

Glandula submandibularis

Die längliche hakenförmige **Glandula submandibularis** ist kleiner als die Glandula parotidea, aber größer als die Glandula sublingualis (Abb. 8.252A und B):

- Der lange Arm des Hakens liegt unter dem Musculus mylohyoideus in der Horizontalebene und befindet sich deshalb außerhalb der Mundhöhle. Der große, oberflächliche Teil der Drüse liegt in einer flachen Vertiefung unterhalb der Linea mylohyoidea an der medialen Seite der Mandibula (Fossa submandibularis).
- Der kleine Arm des Hakens (oder der tiefe Teil) der Drüse schlingt sich meist um den dorsalen Rand des Musculus mylohyoideus und liegt so am Boden der Mundhöhle. Hier befindet er sich lateral der Zungenwurzel an der lateralen Seite des Musculus hyoglossus.

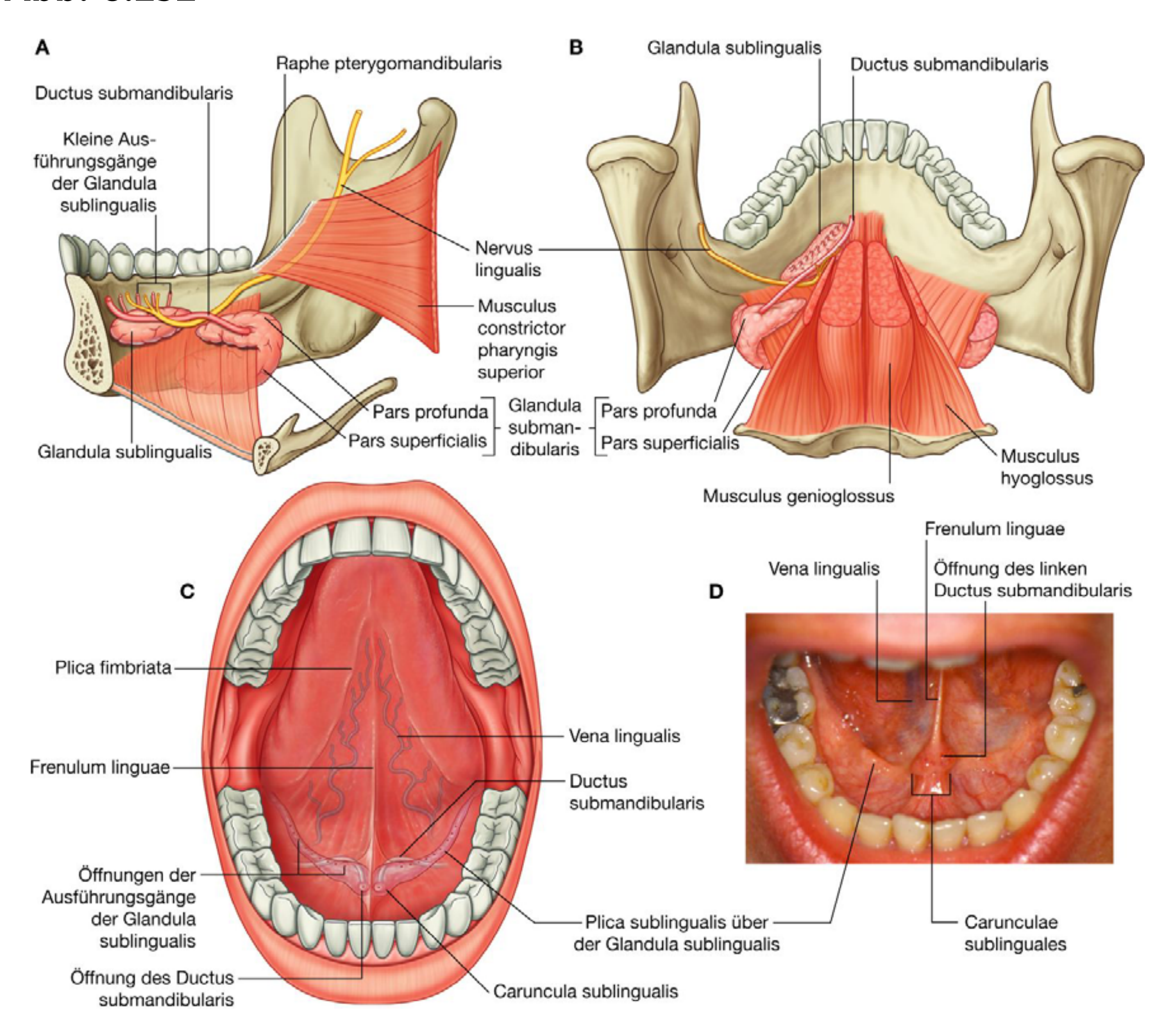
1033

1034

Der **Ductus submandibularis** (Wharton-Gang) verläuft von der medialen Seite des tief liegenden Drüsenanteils in die Mundhöhle schräg nach medial vorn und mündet ca. 0,5 cm hinter den vorderen unteren Schneidezähnen direkt lateral des Frenulum linguae auf der Caruncula sublingualis (Abb. 8.252C und D).

In seinem Verlauf in anteromediale Richtung durch den Boden der Mundhöhle schlängelt sich der Nervus lingualis unter dem Ductus submandibularis hindurch, sodass er erst die laterale, dann die mediale Seite des Ductus submandibularis kreuzt, um schließlich aufwärts in die Zunge zu gelangen.

Abb. 8.252



Glandula submandibularis und Glandula sublingualis. **A**. Ansicht von links medial. **B**. Ansicht von dorsal. **C**. Ansicht von vorn. **D**. Ansicht von schräg oben.

Glandula sublingualis

Die Glandula sublingualis ist die kleinste der drei paarigen großen Speicheldrüsen. Sie ist mandelförmig und liegt direkt lateral vom Ductus submandibularis und vom Nervus lingualis am Boden der Mundhöhle (Abb. 8.252).

Jede Glandula sublingualis liegt oberhalb des vorderen Drittels der Linea mylohyoidea direkt der medialen Oberfläche der Mandibula (Fossa sublingualis) auf. Der Oberrand der Glandula sublingualis bildet eine längliche Falte in der Mundschleimhaut **(Plica sublingualis)**, die sich vom dorsolateralen Teil des Mundbodens bis zur Caruncula sublingualis an die Basis des Frenulum linguae in der Mittellinie erstreckt.

1034

1035

Die Glandula sublingualis gibt ihr Sekret über zahlreiche kleine Ausführungsgänge, die entlang dem Rand der Plica sublingualis münden, sowie über den Ductus submandibularis in die Mundhöhle ab.

Gefäße

Die Gefäße der Glandula parotidea entspringen aus der Arteria carotis externa und deren Abgängen in der Nähe der Drüse. Die Glandula submandibularis und die Glandula sublingualis werden von Ästen der Arteria facialis und der Arteria lingualis versorgt.

Die Venen der Glandula parotidea drainieren in die Vena jugularis externa. Die Venen der Glandula submandibularis und der Glandula sublingualis drainieren in die Vena facialis und in die Vena lingualis.

Die Lymphgefäße der Glandula parotidea drainieren in Lymphknoten, die sich innerhalb oder an der Drüse befinden. Von dort fließt die Lymphe in die oberflächlichen und tiefen Halslymphknoten.

Glandula submandibularis und Glandula sublingualis drainieren hauptsächlich in die Nodi lymphoidei submandibulares und von hier in die tiefen Halslymphknoten vor allem in den Nodus lymphoideus juguloomohyoideus.

Innervation

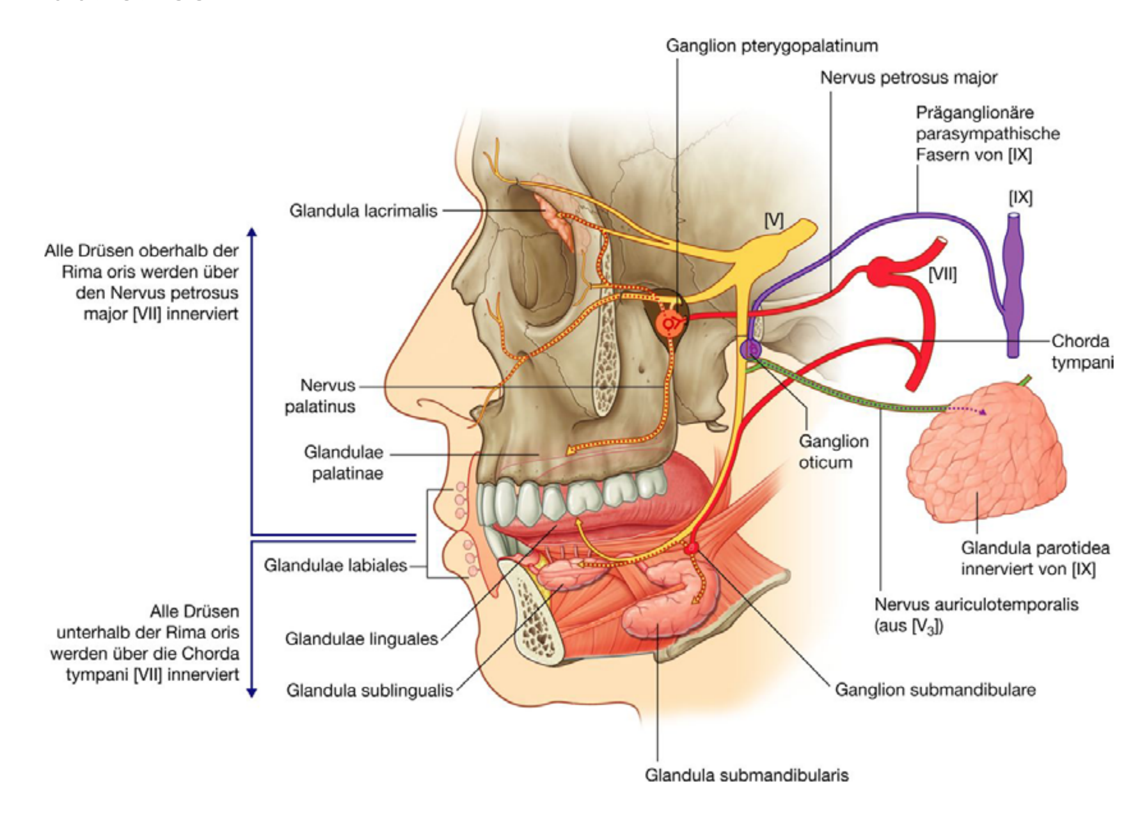
Parasympathische Innervation

Die parasympathische Innervation aller Speicheldrüsen der Mundhöhle erfolgt über Äste des Nervus facialis [VII], die sich auf dem Weg zum Zielorgan den Ästen des Nervus maxillaris [V_2] und des Nervus mandibularis [V_3] anlegen.

Die parasympathischen Fasern für die Glandula parotidea verlaufen zunächst mit dem Nervus glossopharyngeus [IX], ziehen anschließend durch das Mittelohr (Jacobson-Anastomose) und legen sich schließlich in der Fossa infratemporalis dem Nervus auriculotemporalis, einem Ast des Nervus mandibularis [V_3], an (Abb. 8.253).

Nervus petrosus major

Abb. 8.253



Parasympathische Innervation der Speicheldrüsen.

Alle Speicheldrüsen oberhalb der Rima oris, alle mukösen Drüsen der Nase und die Tränendrüse in der Orbita werden von parasympathischen Fasern innerviert, die mit dem Nervus petrosus major, einem Ast des Nervus facialis [VII], verlaufen. Die präganglionären Fasern nehmen ihren Ursprung vom Nucleus salivatorius superior im Hirnstamm, gelangen über den Nervus intermedius des Nervus facialis [VII] und über den Nervus petrosus major in die Fossa pterygopalatina und werden im Ganglion pterygopalatinum auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet.

1035

1036

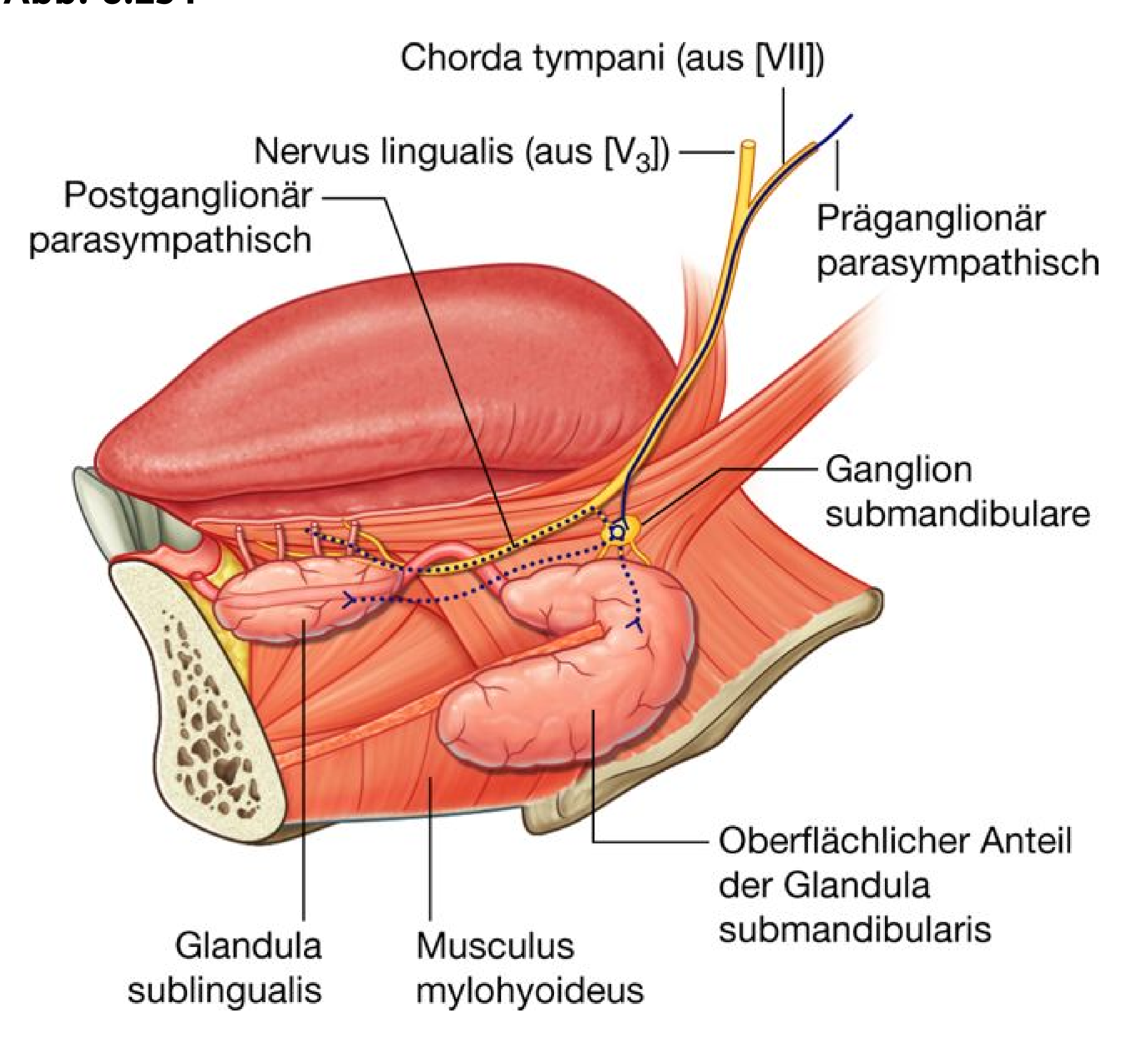
Um ihre Zieldrüsen zu erreichen, legen sich die postganglionären Fasern den sensiblen Ästen des Nervus maxillaris [V_2] an, wie beispielsweise den Nervi palatini, die zum Dach der Mundhöhle ziehen.

Chorda tympani

Alle Drüsen unterhalb der Rima oris wie die kleinen Speicheldrüsen am Mundboden, in der Unterlippe und in der Zunge sowie die Glandula submandibularis und die Glandula sublingualis werden von parasympathischen Fasern innerviert, die mit der Chorda tympani verlaufen, einem Ast des Nervus facialis [VII].

In der Fossa infratemporalis legt sich die Chorda tympani dem Nervus lingualis, einem Ast des Nervus maxillaris [V_2], an und gelangt so in die Mundhöhle. An der Außenseite des Musculus hyoglossus verlassen präganglionäre parasympathische Fasern den inferioren Teil des Nervus lingualis, um im Ganglion submandibulare auf postganglionäre parasympathische Neurone umgeschaltet zu werden. Das Ganglion submandibulare liegt seitlich oberhalb des oberen Anteils der Glandula submandibularis (Abb. 8.254). Einige postganglionäre parasympathische Fasern verlassen das Ganglion und ziehen direkt zur Glandula submandibularis oder zur Glandula sublingualis; andere Fasern treten wieder in den Nervus lingualis ein und gelangen mit dessen Ästen zu ihren Zieldrüsen.

Abb. 8.254



Verlauf der parasympathischen Fasern der Chorda tympani.

Dach der Mundhöhle – der Gaumen

Das Dach der Mundhöhle wird vom Gaumen gebildet, der aus zwei Teilen besteht, einem vorderen harten Gaumen (Palatum durum) und einem hinteren weichen Gaumen (Palatum molle; Abb. 8.255).

Harter Gaumen

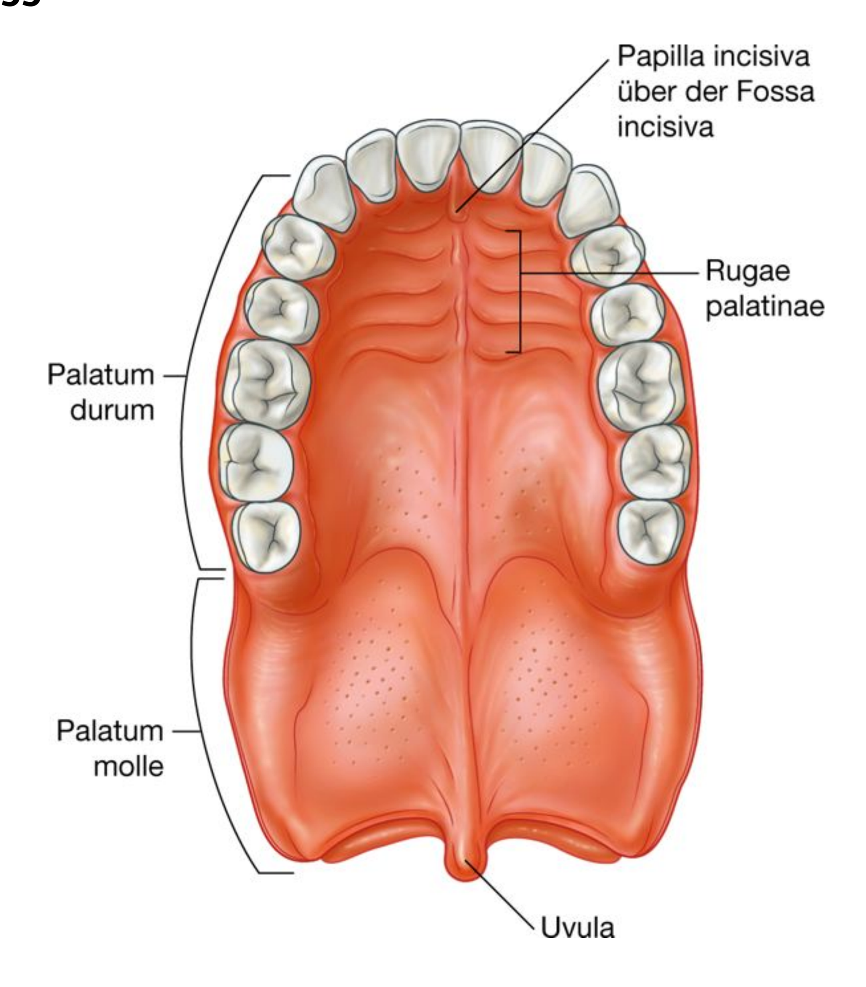
Der harte Gaumen (Palatum durum) trennt die Mundhöhle von den Nasenhöhlen. Er besteht aus einer knöchernen Platte, die von oben und unten mit Schleimhaut bedeckt ist:

- Oben bildet er den Boden der Nasenhöhlen und trägt respiratorisches Epithel.
- Unten bildet er das Dach der Mundhöhle und ist von mehrschichtigem unverhorntem Plattenepithel bedeckt (Abb. 8.255).

Der Processus palatinus der Maxilla bildet die vorderen drei Viertel des harten Gaumens; die Laminae horizontales der Ossa palatina bilden das hintere Viertel. Lateral und vorn wird der harte Gaumen in der Mundhöhle durch den Arcus alveolaris superior begrenzt. Dorsal geht er in den weichen Gaumen über.

Die Schleimhaut des harten Gaumens besitzt in der Mundhöhle zahlreiche **Plicae palatinae transversae (Rugae palatinae)** und eine mediane longitudinale **Raphe palati**, die vorn in einer kleinen ovalen Erhöhung, **Papilla incisiva**, endet. Die Papilla incisiva liegt über der Fossa incisiva, die sich zwischen den Laminae horizontales der Maxilla direkt hinter den Schneidezähnen befindet.

Abb. 8.255



Gaumen.

Weicher Gaumen

Der weiche Gaumen (Palatum molle; Abb. 8.255) setzt hinten den harten Gaumen fort und fungiert als „Klappe“, die

- herabgezogen werden kann, um den Isthmus faucium mit zu verschließen
- angehoben werden kann, um den Nasopharynx vom Oropharynx zu trennen.

Der weiche Gaumen enthält als Grundgerüst eine Muskelsehnenplatte und wird von fünf Muskeln bewegt (Muskeln des Gaumensegels und der Gaumenbögen). Die Schleimhaut entspricht der Wangenschleimhaut; das Plattenepithel ist unverhornt. Die Oberseite des weichen Gaumens gehört bereits zum Atemtrakt und trägt respiratorisches Epithel.

Die kleine tränenförmige Fortsetzung, die vom freien, posterioren Rand des weichen Gaumens hängt, heißt **Uvula** (Zäpfchen).

Muskulatur des weichen Gaumens

An jeder Seite sind fünf Muskeln (Tab 8.22) an der Bildung und Bewegung des weichen Gaumens beteiligt. Zwei der Muskeln, der Musculus tensor veli palatini und der Musculus levator veli palatini, kommen von der Schädelbasis und ziehen in den Gaumen hinab. Der Musculus palatoglossus und der Musculus palatopharyngeus kommen von der Zunge oder vom Rachen und ziehen in den Gaumen hinein. Median-sagittal verlaufende Fasern ziehen von der Muskelsehnenplatte in die Uvula und bilden den Musculus uvulae.

Tab. 8.22 Muskulatur des weichen Gaumens

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Musculus tensor veli palatini (zieht um Hamulus pterygoideus)	Fossa scaphoidea des Os sphenoidale, Pars membranacea der Tuba auditiva, Spina ossis sphenoidalis	Aponeurosis palatina	Über den Nervus pterygoideus medialis des Nervus mandibularis [V_3]	Spannen des weichen Gaumens (bei Schlucken und Sprechen), Öffnen der Tuba auditiva (Druckausgleich)
Musculus levator veli palatini	Pars petrosa des Os temporale vor der Öffnung des Canalis caroticus, Cartilago tubae auditivae	Aponeurosis palatina	Nervus vagus [X] über den Ramus pharyngealis aus dem Plexus pharyngealis	Einziger Muskel, der den weichen Gaumen über dessen normale Höhe heben kann, Spannung des Gaumensegels, Öffnen der Tuba auditiva (Druckausgleich), schließt zusammen mit Musculus constrictor pharyngis superior (Passavant-Ringwulst) den Nasenrachen beim Schlucken
Musculus palatopharyngeus	Dorsale Pharynxwand, Cartilago thyroidea	Aponeurosis palatina	Nervus vagus [X] über den Ramus pharyngeus aus dem Plexus pharyngealis	Senken des weichen Gaumens, Verengen des Isthmus faucium, Anheben des Pharynx
Musculus palatoglossus	Abspaltung aus Musculus transversus linguae	Aponeurosis palatina	Nervus vagus [X] über den Ramus pharyngeus aus dem Plexus pharyngeus	Senken des Gaumens, Verengen des Isthmus faucium, Heben des Zungenrückens
Musculus uvulae	Aponeurosis palatina	Bindegewebe der Uvulaspitze	Nervus vagus [X] über den Ramus pharyngeus aus dem Plexus pharyngealis	Verlängern und Verkürzen der Uvula

Alle Muskeln des Gaumens werden über den Ramus pharyngeus des Nervus vagus [X] innerviert, mit Ausnahme des Musculus tensor veli palatini, der über den Nervus pterygoideus medialis vom Nervus mandibularis [V_3] innerviert wird.

Musculus tensor veli palatini und Aponeurosis palatina

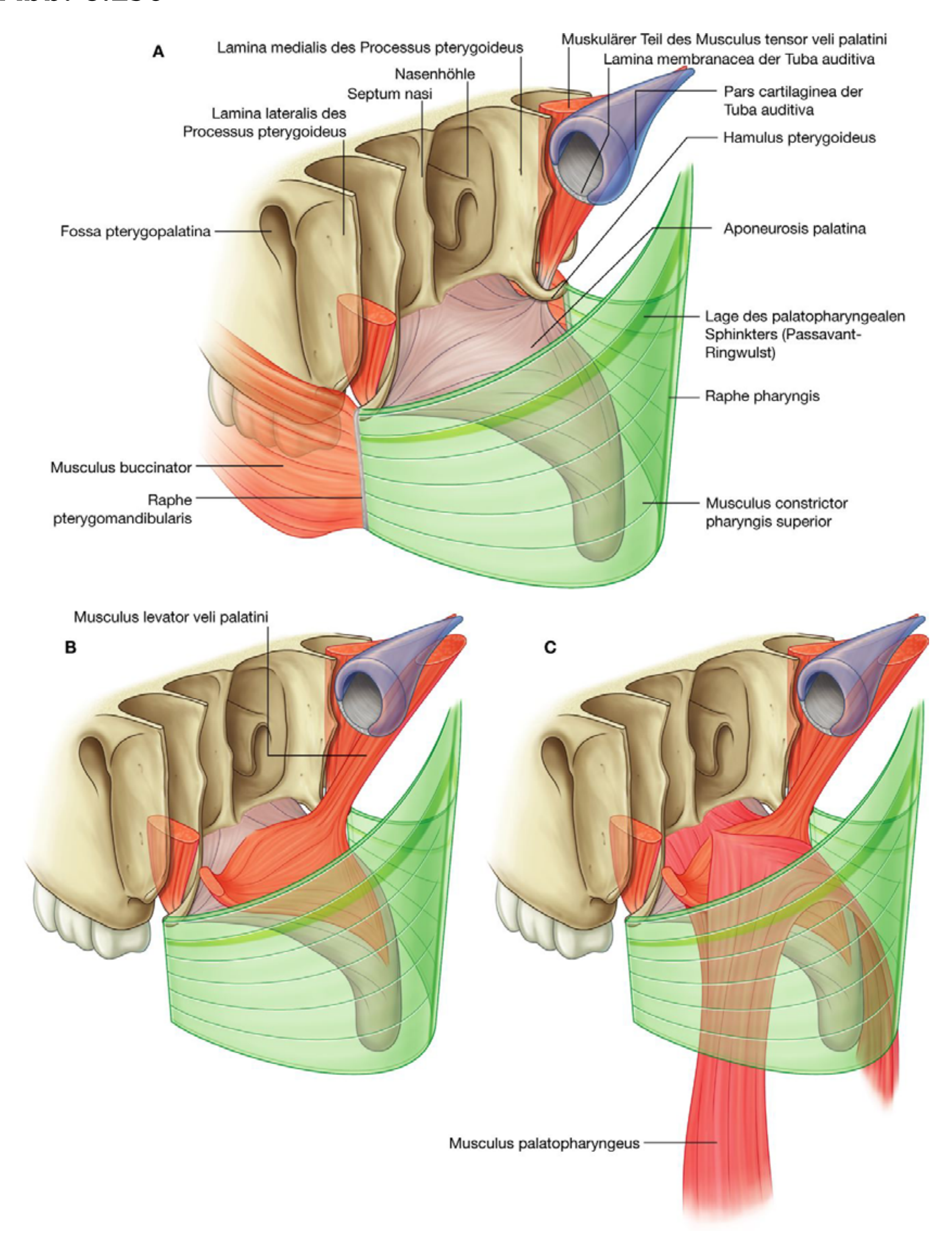
Der **Musculus tensor veli palatini** besteht aus zwei Anteilen: einem senkrecht ausgerichteten muskulösen Teil und einem eher horizontalen bindegewebigen (sehnigen Anteil, der einen Teil der Aponeurosis palatina bildet (Abb. 8.256A).

Der vertikale Teil des Musculus tensor veli palatini ist dünn und dreieckig. Die Grundseite entspringt an der Schädelbasis entlang der Linea obliqua, die medial in der Fossa scaphoidea nahe dem Processus pterygoideus des Os sphenoidale entspringt und sich entlang der Lamina membranacea der Tuba auditiva bis zur Spina ossis sphenoidalis in lateraler Richtung fortsetzt.

1037

1038

Abb. 8.256



A. Musculus tensor veli palatini und Aponeurosis palatina. **B**. Musculus levator veli palatini. **C**. Musculus palatopharyngeus.

1038

Die Spitze des dreieckigen Muskels ist nach kaudal gerichtet. Der Musculus tensor veli palatini zieht entlang der lateralen Fläche der Lamina medialis des Processus pterygoideus und entlang der Rachenwand abwärts bis zum Hamulus pterygoideus, den er als Hypomochlion nutzt, um seine Richtung zu ändern. Kurz vor dem Hamulus pterygoideus konvergieren die Muskelfasern des Musculus tensor veli palatini und bilden eine kleine Sehne.

Die Sehne schlingt sich in einem 90°-Winkel medialwärts um den Hamulus pterygoideus, durchbohrt dabei den Ursprung des Musculus buccinator und spannt sich dann fächerförmig aus, um den bindegewebigen, horizontalen Anteil des Muskels zu bilden. Der bindegewebige Teil setzt sich über die Mittellinie hinaus fort und bildet mit der gegenüberliegenden Seite die Aponeurosis palatina.

Rostral ist die **Aponeurosis palatina** am Hinterrand des harten Gaumens befestigt; dorsal endet sie unbefestigt in einem freien Rand, der sich medial in die Uvula fortsetzt. Die ausgedehnte Aponeurosis palatina ist das Hauptstruktur-element des weichen Gaumens, an dem alle anderen Muskeln des Gaumens ansetzen; der Musculus uvulae entspringt hier.

Der Musculus tensor veli palatini

- spannt (verhärtet) den weichen Gaumen, sodass andere Muskeln, die hier ansetzen, effektiver wirken können
- erweitert als Folge seiner Befestigung oberhalb des bindegewebigen Anteils der Tuba auditiva deren Lumen während des Gähnens und Schluckens.

Der Musculus tensor veli palatini wird vom Nervus pterygoideus medialis des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

Musculus levator veli palatini

Der Musculus levator veli palatini entspringt an der Schädelbasis und zieht von dort zur Oberseite der Aponeurosis palatina hinab (Abb. 8.256B). Der Muskel entspringt am Schädel an einem angerauten Bereich der Pars petrosa des Os temporale direkt vor der Öffnung des Canalis caroticus. Einige Fasern entspringen von den angrenzenden Anteilen der Tuba auditiva.

Der Musculus levator veli palatini zieht medial von der Tuba auditiva durch die Faszie der Rachenwand in anterokaudaler Richtung und setzt an der Aponeurosis palatina an. Seine Fasern verflechten sich in der Mittellinie mit der Gegenseite.

Im Gegensatz zum Musculus tensor veli palatini biegt der Musculus levator veli palatini nicht um den Hamulus pterygoideus herum, sondern zieht direkt von der Schädelbasis zur Oberseite der Aponeurosis palatina. Aus diesem Grund hebt er den Gaumen über dessen normale Höhe an und trägt zum Verschluss des Isthmus faucium zwischen Nasopharynx und Oropharynx bei.

Innerviert wird der Musculus palatopharyngeus durch den Ramus pharyngealis des Nervus vagus [X] aus dem Plexus pharyngeus. *Klinisch kann man den Musculus levator veli palatini testen, indem man den Patienten „Ah“ sagen lässt. Funktioniert der Muskel auf beiden Seiten einwandfrei, wird sich der Gaumen in der Mittellinie gleichmäßig anheben. Liegt auf einer Seite ein Funktionsausfall vor, wird der Gaumen zur gesunden Seite über die Mittellinie gezogen.*

Musculus palatopharyngeus

Der Musculus palatopharyngeus entspringt an der Oberfläche der Aponeurosis palatina und zieht über deren Rand in dorsolateraler Richtung abwärts. Der Musculus palatopharyngeus ist ein longitudinal angeordnteter Muskel der Rachenwand (Abb. 8.256C). An der Aponeurosis palatina ist der Muskel an zwei flachen Lamellen befestigt, die sich vom Musculus levator veli palatini trennen. Der weiter vorn und lateral liegende Anteil der beiden Lamellen ist am Hinterrand des harten Gaumens sowie an der Aponeurosis palatina befestigt.

Der Musculus palatopharyngeus bildet die muskuläre Grundlage des **Arcus palatopharyngeus** (hinterer Gaumenbogen). Blickt man von vorn in die Mundhöhle, sieht man den Arcus palatopharyngeus hinter und etwas medial vom **Arcus palatoglossus** (vorderer Gaumenbogen; Abb. 8.257).

Zwischen den beiden Gaumenbögen befindet sich auf beiden Seiten am Rand des Oropharynx eine Tonsilla palatina.

Der Musculus palatopharyngeus

- senkt den Gaumen und zieht den Arcus palatopharyngeus jeder Seite wie einen Vorhang zur Mittellinie. Dies trägt zum Verschluss des Isthmus faucium bei.
- hebt den Pharynx während des Schluckens.

Die Innervation des Musculus palatopharyngeus erfolgt durch den Ramus pharyngealis des Nervus vagus [X] aus dem Plexus pharyngeus.

Musculus palatoglossus

Der Musculus palatoglossus entspringt an der Unterseite (orale Seite) der Aponeurosis palatina und verläuft nach kaudal und rostral in die laterale Seite der Zunge (Abb. 8.258).

Der Muskel liegt unter einer Schleimhautfalte, die vom weichen Gaumen bis zur Zunge reicht und den vorderen Gaumenbogen bildet. Der als Arcus palatoglossus bezeichnete vordere Gaumenbogen liegt beidseits lateral und vor dem Arcus palatopharyngeus (hinterer Gaumenbogen) und definiert den lateralen Rand des Isthmus faucium (Abb. 8.257).

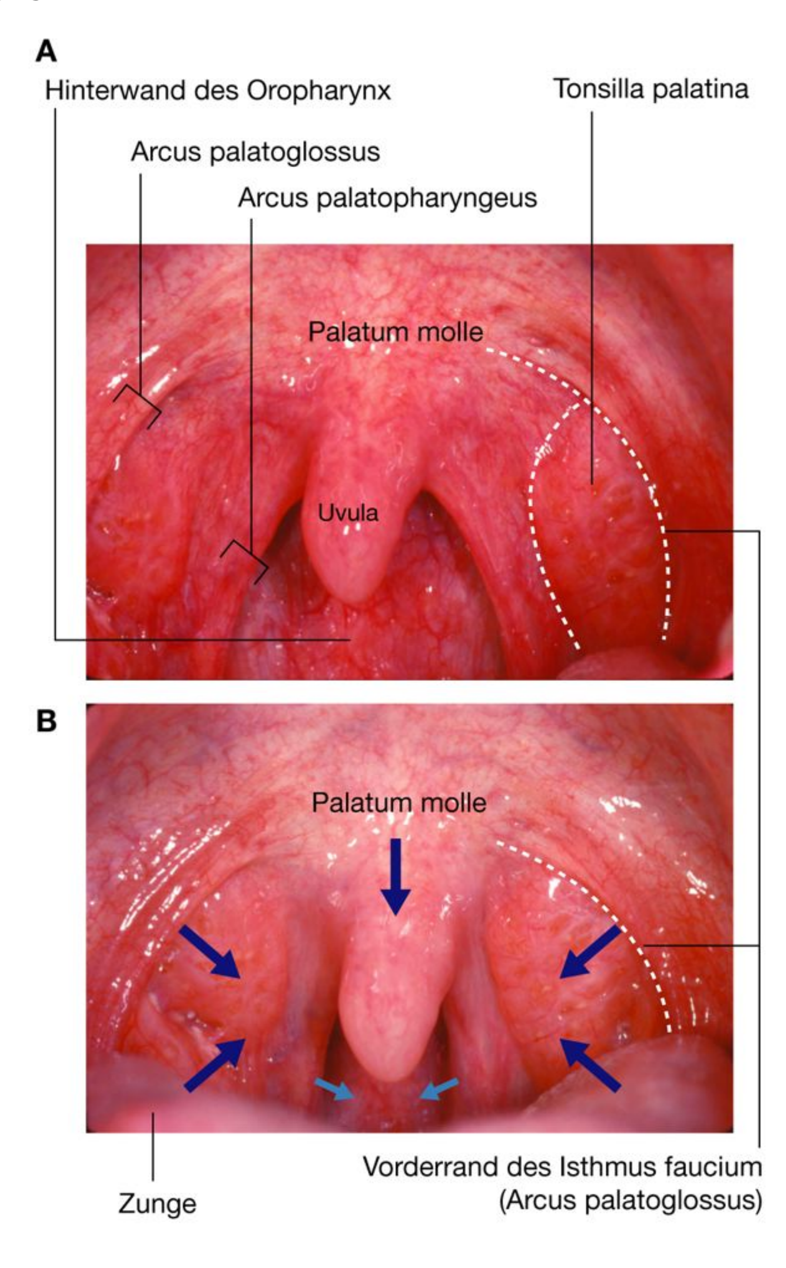
An der lateralen Wand des Oropharynx liegt zwischen Plica palatoglossa und Plica palatopharyngea die Tonsilla palatina in der Fossa tonsillaris.

Der Musculus palatoglossus zieht den Gaumen abwärts; die Arcus palatoglossi werden wie Vorhänge nach medial gezogen, und der Zungenrücken wandert nach oben. Die Bewegungen helfen beim Verschluss des Isthmus faucium.

1039

1040

Abb. 8.257



Geöffneter Mund mit Blick auf den weichen Gaumen. **A**. Isthmus faucium geöffnet. **B**. Isthmus faucium geschlossen.

Die Innervation des Musculus palatoglossus erfolgt durch den Ramus pharyngealis des Nervus vagus [X] aus dem Plexus pharyngeus.

Musculus uvulae

Der Musculus uvulae entspringt an der Spina nasalis am Hinterrand des harten Gaumens und verläuft direkt hinter dem dorsalen Anteil der Aponeurosis palatina zum Bindegewebe unter der Schleimhaut der Uvulaspitze (Abb. 8.258). Der Musculus uvulae zieht oberhalb des Ansatzes des Musculus levator veli palatini zwischen den beiden Lamellen des Musculus palatopharyngeus entlang. In der Mittellinie vermischen sich die Fasern beider Seiten.

Der Musculus uvulae hebt die Uvula und zieht sie zurück. Dadurch wird der zentrale Anteil des weichen Gaumens verdickt; dem Musculus levator veli palatini wird der Verschluss des Isthmus faucium erleichtert.

Die Innervation des Musculus uvulae erfolgt über den Ramus pharyngealis des Nervus vagus [X] aus dem Plexus pharyngeus.

Schluckakt

Beim Erwachsenen überkreuzen sich im Oro- und im Laryngopharynx Luft- und Speiseweg. Um zu verhindern, dass beim Schlucken Speise über den Kehlkopfeingang in die Atemwege gelangt, muss der Kehlkopfeingang kurzfristig verschlossen und abgesichert werden. Hierbei kommt es zum willkürlich eingeleiteten, aber reflektorisch ablaufenden Schluckakt, der in Phasen eingeteilt werden kann.

- **Vorbereitung:** Nach Zerkleinerung und Einspeichelung der Nahrung wird die Mundbodenmuskulatur willkürlich kontrahiert. Die Zunge drückt den Bissen gegen den weichen Gaumen. Die Erregung von Rezeptoren der Gaumenschleimhaut löst den eigentlichen Schluckvorgang aus.
- **Schlucken:** In der Schluckphase werden die rasch ablaufende reflektorische Sicherung der Atemwege und der Transport des Bissens durch den Pharynx koordiniert.
- **Reflektorische Sicherung der Atemwege:** Durch Verschluss der Atemwege nach kranial und nach kaudal wird der Luftweg vom Speiseweg getrennt. Das Gaumensegel wird gespannt und legt sich der hinteren Pharynxwand an; gleichzeitig kontrahiert der Musculus constrictor pharyngis superior und bildet als Passavant-Ringwulst ein Widerlager für den weichen Gaumen. Nasopharynx und Oropharynx sind dann voneinander getrennt. Die Kontraktion der Musculi mylohyoidei und digastrici des Mundbodens sowie der Musculi thyrohyoidei führt zu einer sicht- und tastbaren Hebung des Zungenbeins und des Kehlkopfs. Dabei wird der Kehldeckel durch den Zungengrund nach unten gedrückt; gleichzeitig kontrahieren die Musculi aryepiglottici und ziehen die Epiglottis über den Kehlkopfeingang. Zusätzlich kommt es zum

reflektorischen Schluss der Stimmritze; dadurch sind auch die unteren Luftwege vom Speiseweg getrennt.

- **Transport des Bissens durch den Pharynx:** Parallel zur Hebung des Kehlkopfs kommt es durch Kontraktion der Schlundheber zu einer Erschlaffung des mittleren und unteren Pharynxabschnitts. Die Zunge drückt durch die reflektorische Aktion der Musculi styloglossi und hyoglossi den Bissen in den Isthmus faucium. Dabei wölbt sich der Zungengrund in den Pharynx vor. Die Muskeln im Bereich der Schlundenge, Musculi palatoglossi, transversus linguae und palatopharyngei, pressen reflektorisch einen „Bissen" von der Nahrung ab, die sich in der Mundhöhle befindet. Der Speisebrei gleitet in den entfalteten Rachen und gelangt über die Recessus piriformes zum Speiseröhreneingang. Festere Nahrungsbissen gleiten auch über die Epiglottis und drücken sie zusätzlich über den Kehlkopfeingang. Die Schlundschnürer kontrahieren sich oberhalb des Bissens und schieben diesen kaudalwärts.

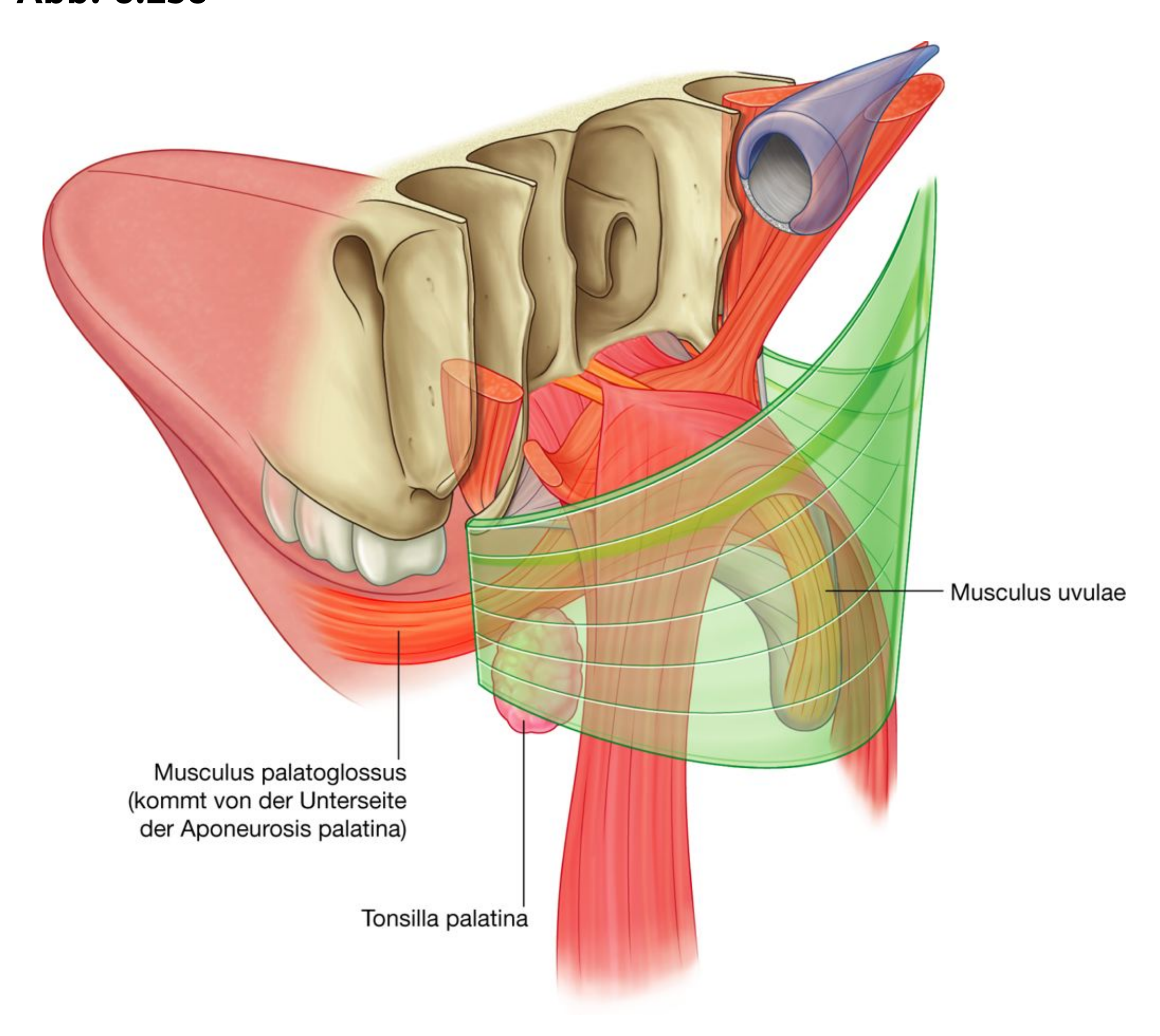
1040
1041

- **Transport des Bissens durch die Speiseröhre:** Bei Flüssigkeiten reicht eine ruckartige, kräftige Kontraktion des Mundbodens und des oberen Schlundschnürers bei aufrechter Körperhaltung aus, um die Substanzen als Spritzschluck in den Magen zu befördern. Feste Nahrungsbestandteile werden durch fortlaufende Kontraktionswellen (Peristaltik) der Speiseröhre zum Mageneingang transportiert.

Nahrungsaufnahme beim Säugling

Beim Säugling ist der Nasopharynx niedrig, die Choanen sind deshalb nahezu kreisrund und nicht längsoval wie beim Erwachsenen. Der Laryngopharynx ist kaum ausgebildet, und der Kehlkopf steht verhältnismäßig hoch. Dabei reicht die hoch stehende Epiglottis bis in den Oropharynx und ermöglicht so die Nahrungsaufnahme auch ohne Verschluss des Kehlkopfeingangs. Der Säugling kann dadurch gleichzeitig atmen und trinken.

Abb. 8.258



Musculus palatoglossus und Musculus uvulae.

Gefäße

Arterien

Zu den Arterien des Gaumens gehören die Arteria palatina major aus der Arteria maxillaris, die Arteria palatina ascendens aus der Arteria facialis und der Ramus palatinus aus der Arteria pharyngea ascendens. Arteriae maxillaris, facialis und pharyngea ascendens sind Äste, die im Hals aus der Arteria carotis externa hervorgehen (Abb. 8.259).

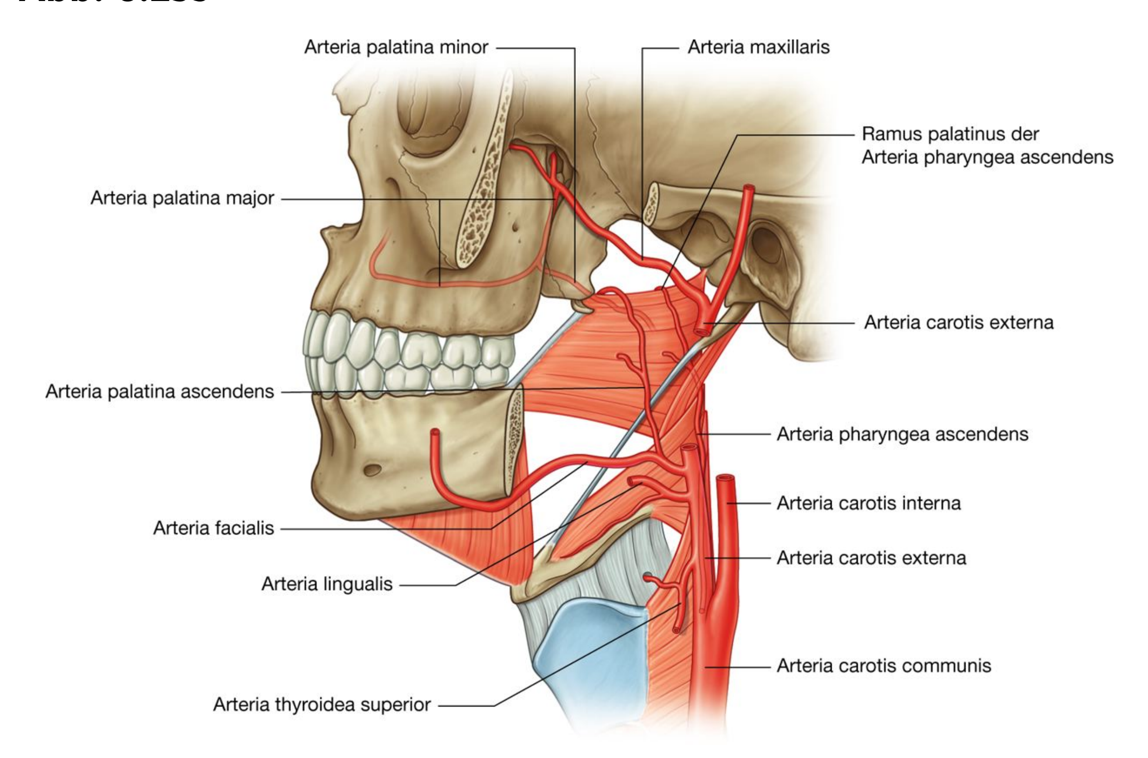
Arteria palatina ascendens und Ramus palatinus

Die **Arteria palatina ascendens** der Arteria facialis zieht an der Außenseite des Pharynx kranialwärts. Ihr Ramus palatinus schlängelt sich über die Oberkante des Musculus constrictor pharyngis superior in medialer Richtung, durchbohrt mit dem Musculus levator veli palatini die Organfaszie des Rachens und zieht mit ihm zum weichen Gaumen.

Der **Ramus palatinus** der Arteria pharyngea ascendens nimmt denselben Verlauf wie der Ramus palatinus der Arteria palatina ascendens aus der Arteria facialis und ersetzt das Gefäß auch manchmal.

1041
1042

Abb. 8.259



Arterien des Gaumens.

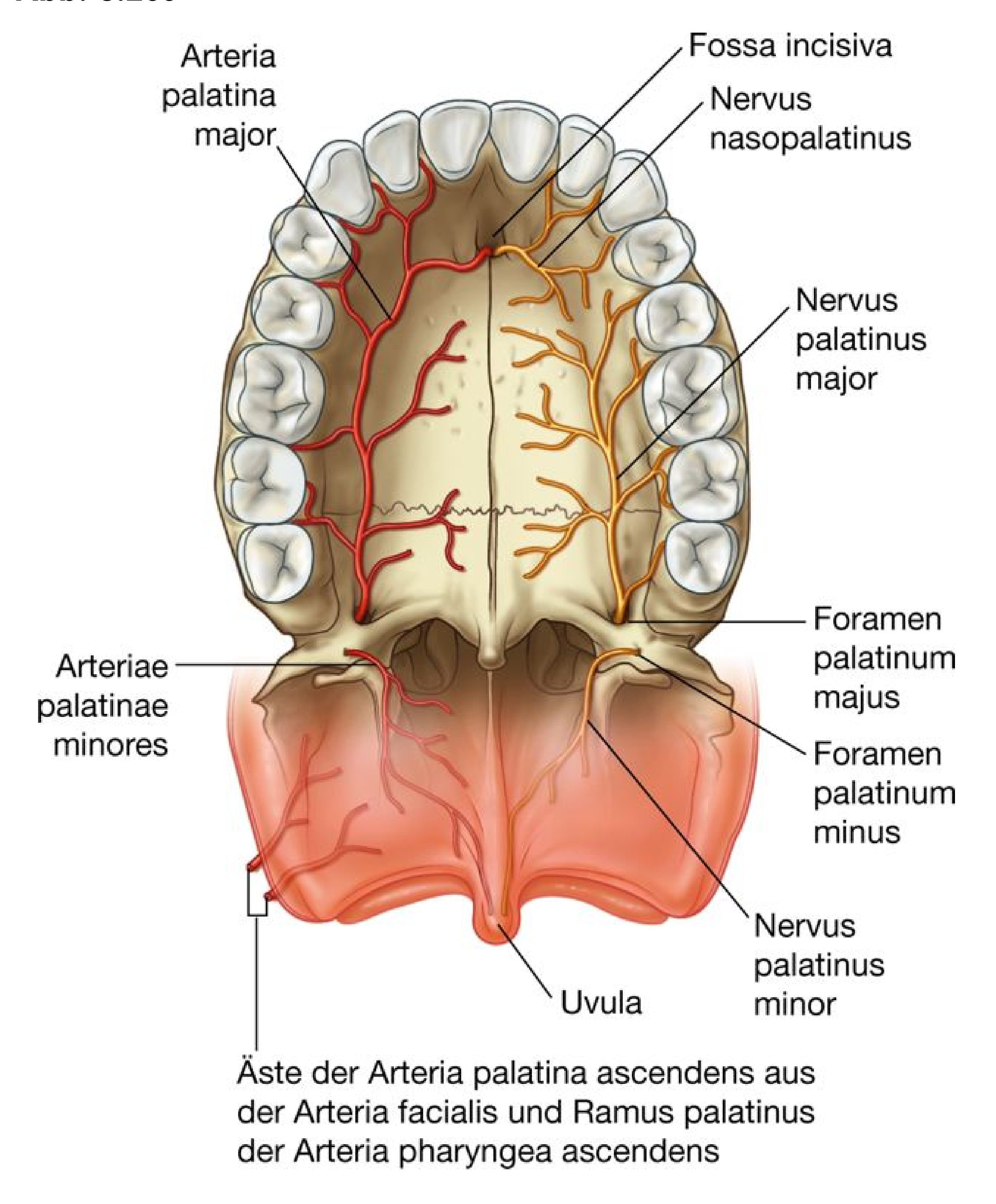
Arteria palatina major

Die **Arteria palatina major** entspringt in der Fossa pterygopalatina aus der Arteria maxillaris. Sie zieht abwärts in den Canalis palatinus, gibt kleine **Rami palatini minores** ab, und verläuft anschließend durch das Foramen palatinum majus zur Unterseite des harten Gaumens (Abb. 8.260). Hier zieht sie am harten Gaumen nach vorn und verlässt ihn durch den Canalis incisivus kranialwärts, um zur medialen Nasenwand der Nasenhöhle zu gelangen und dort zu enden. Die Arterie ist die Hauptarterie des harten Gaumens und versorgt auch die Gingiva am Gaumen. Die Rami palatini minores ziehen durch Foramina palatina minora direkt hinter dem Foramen palatinum majus und tragen zur arteriellen Versorgung des weichen Gaumens bei.

Venen

Die Venen des Gaumens folgen normalerweise den Arterien und gelangen schließlich in der Fossa infratemporalis in den venösen Plexus pterygoideus (Abb. 8.261) oder in ein venöses Gefäßnetz im Bereich der Tonsilla palatina, das ebenfalls in den venösen Plexus pterygoideus oder direkt in die Vena facialis drainiert.

Abb. 8.260



Nerven und Arterien des Gaumens.

1042
1043

Lymphgefäße

Die Lymphgefäße des Gaumens führen zu den Nodi lymphoidei cervicales profundi (Abb. 8.261).

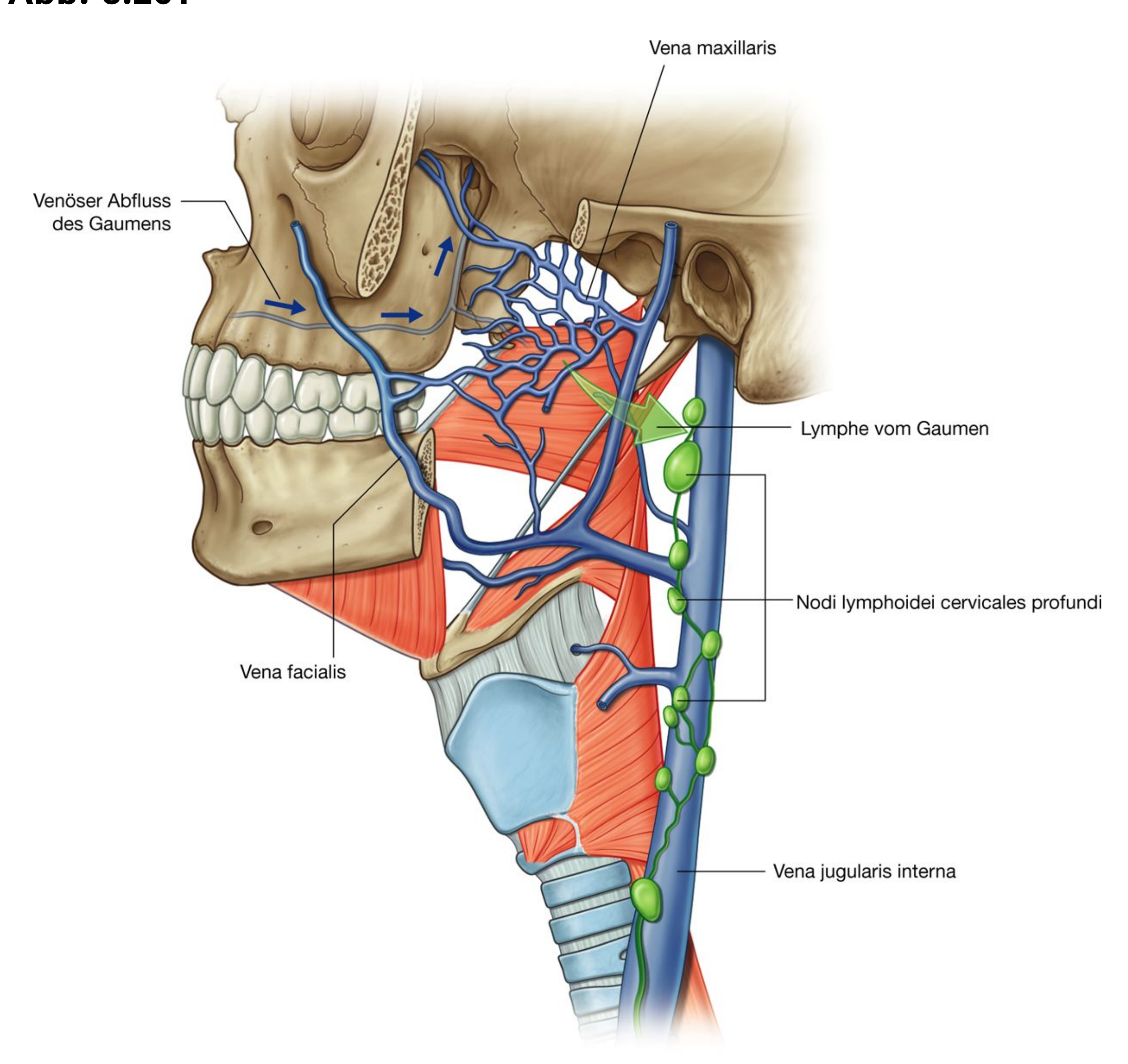
Innervation

Der Gaumen wird von den Nervi palatinus major, palatinus minor und nasopalatinus innerviert (Abb. 8.260 und 8.262).

Die sensiblen Fasern der Nerven kommen in der Fossa pterygopalatina aus dem Nervus maxillaris [V_2].

Die parasympathischen (zur Innervation der Glandulae palatinae) und die sensorischen (Geschmack am weichen Gaumen) Fasern, die von einem Ast des Nervus facialis [VII] geführt werden, legen sich den Nerven in der Fossa pterygopalatina an. Die sympathischen Fasern (hauptsächlich zu den Blutgefäßen), die auf Höhe Th1 aus dem Rückenmark hervorgehen, verlaufen mit Blutgefäßen zu ihren Zielstrukturen.

Abb. 8.261



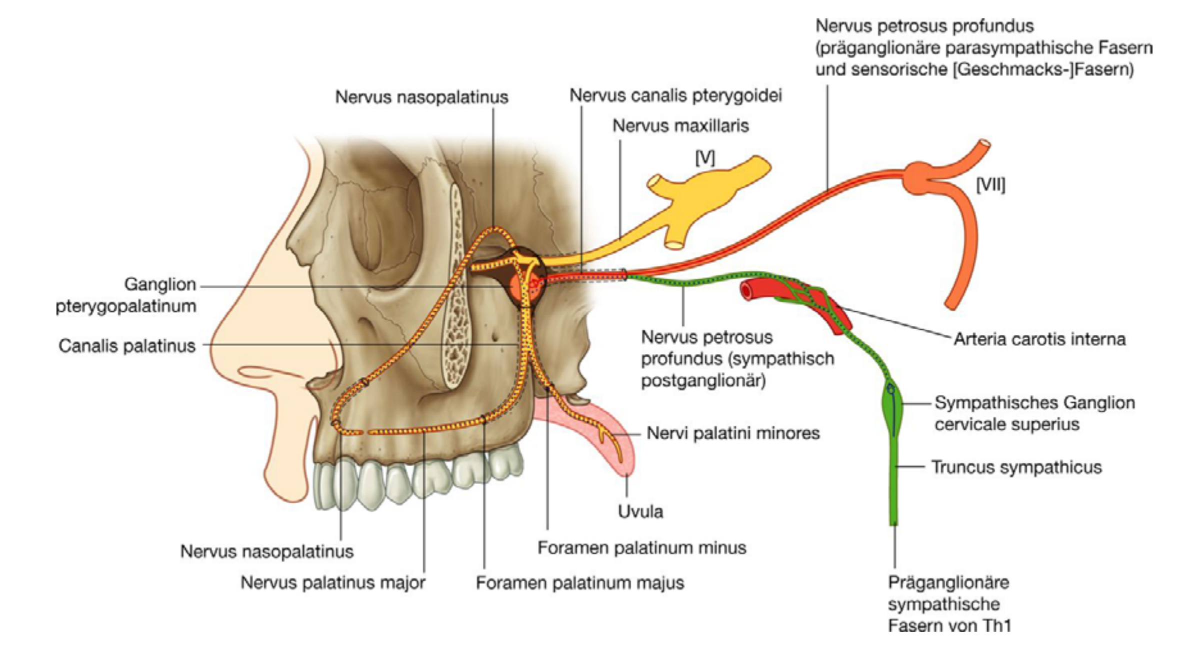
Venöser und lymphatischer Abfluss des Gaumens.

Nervus palatinus major und minor

Der Nervus palatinus major und die Nervi palatini minores ziehen durch die Fossa pterygopalatina und durch den Canalis palatinus abwärts, um zum Gaumen zu gelangen:

- Der Nervus palatinus major zieht durch das Foramen palatinum majus und anschließend nach rostral, um den harten Gaumen und das Zahnfleisch bis zum ersten Prämolaren zu innervieren.
- Die Nervi palatini minores verlaufen in dorsolmedialer Richtung zum weichen Gaumen.

Abb. 8.262



Innervation des Gaumens.

Nervus nasopalatinus

Der Nervus nasopalatinus kommt ebenfalls aus der Fossa pterygopalatina, zieht aber von hier medialwärts in die Nasenhöhle, überquert das Nasenhöhlendach und erreicht die mediale Nasenwand der Nasenhöhle. Von dort zieht er am Nasenseptum vorwärts und abwärts zum Canalis incisivus, durchquert ihn und erreicht den vorderen Bereich der Unterseite des harten Gaumens.

Der Nervus nasopalatinus innerviert das Zahnfleisch und die Mundschleimhaut in der Nähe der Schneide- und der Eckzähne.

Rima oris und Lippen

Die Mundöffnung (Rima oris) ist eine schlitzartige Öffnung zwischen den Lippen, die das Vestibulum oris mit der Außenseite verbindet (Abb. 8.263A). Sie kann durch die mimische Muskulatur des Mundes und durch Bewegungen des Unterkiefers (Mandibula) geöffnet, geschlossen und in ihrer Form verändert werden.

Die **Lippen** bestehen vollständig aus Weichgewebe (Abb. 8.263B). Sie sind innen von Mundschleimhaut (mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel) ausgekleidet und außen von Haut (mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel) bedeckt. Die Übergangszone entspricht dem Lippenrot. Hier ist das Plattenepithel zunächst parakeratinisiert und weiter außen orthokeratinisiert (mit dünner Hornschicht).

Die rötliche Färbung der Region spiegelt die Farbe des Blutes wider, die hier aufgrund der hohen, reich vaskularisierten Bindegewebspapillen und der geringen Dicke des Epithels durchschimmert.

Die Oberlippe hat zwischen ihren beiden Wülsten eine dezente senkrecht ausgerichtete Rinne an der Außenseite **(Philtrum)**. Das Philtrum und die Wülste sind während der Embryonalzeit durch das Zusammenwachsen der beiden Processus nasales mediales entstanden.

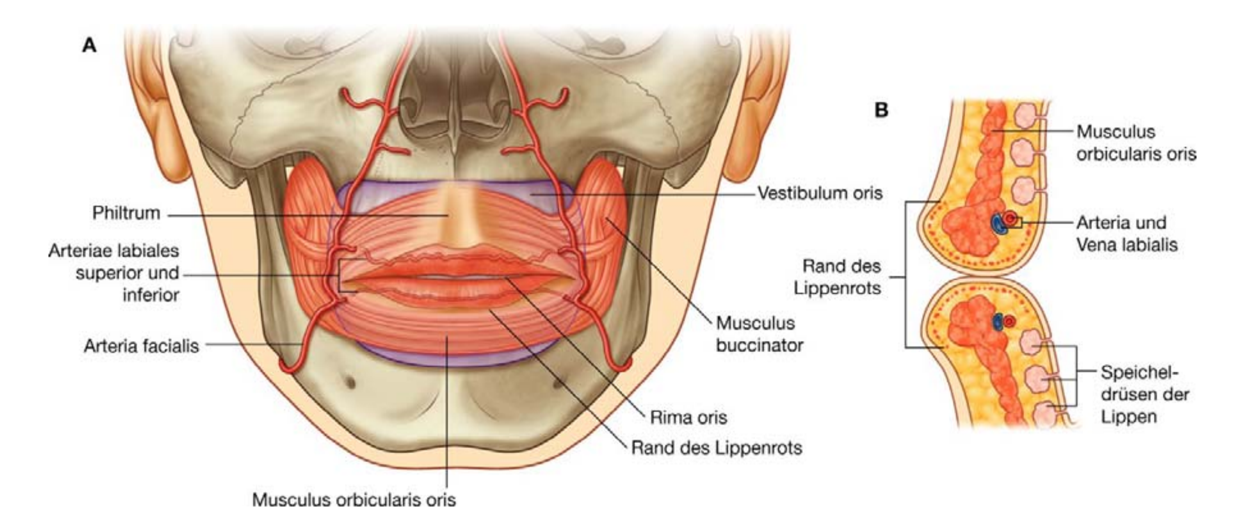
An der Lippeninnenseite verbindet eine Schleimhautfalte (das median gelegene **Frenulum labii)** die Lippen mit dem angrenzenden Zahnfleisch.

Grundlage der Lippen ist der die Rima oris umschließende mimische Musculus orbicularis oris. Er ist am Lippenrand umgekrempelt. Diesen Muskelanteil bezeichnet man als Pars labialis und stellt ihn der sich nach außen und den größeren Muskelanteil bildenden Pars marginalis gegenüber. Die Lippen enthalten ferner Nerven und Gefäße sowie die Glandulae labiales, kleine erbsengroße muköse Speicheldrüsen, die auf der Innenseite der Lippen in der Submukosa eingelagert sind.

Zahlreiche mimische Muskeln beeinflussen die Größe und Form der Rima oris. Außer dem Musculus orbicularis oris, der die Rima oris umgibt und wie ein Sphinkter wirkt, strahlen in den Muskel oder in die Lippen die Musculi buccinator, levator labii superioris, zygomaticus major, zygomaticus minor, levator anguli oris, depressor labii inferioris, depressor anguli oris sowie das Platysma ein.

1044

Abb. 8.263



Rima oris und Lippen. **A**. Ansicht von vorn. **B**. Ansicht von lateral.

Isthmus faucium

Der Isthmus faucium ist die hintere Öffnung zwischen Mundhöhle und Oropharynx (Abb. 8.257). Er wird gebildet durch

- den Arcus palatoglossus auf jeder Seite
- den weichen Gaumen kranial
- den Sulcus terminalis der Zunge kaudal, der den oralen Anteil der Zunge (die vorderen zwei Drittel) vom pharyngealen Teil (hinteres Drittel) trennt.

Der Isthmus faucium kann durch Heben des hinteren Zungenanteils, durch Senken des Gaumens und durch eine medialwärts gerichtete Bewegung der vorderen Gaumenbögen nahezu geschlossen werden.

Die hinteren Gaumenbögen tragen ebenfalls zum Verschluss des Isthmus faucium bei. Auch sie bewegen sich im Rahmen des Verschlusses nach medial. Der Verschluss des Isthmus dient dazu, während der Nasenatmung Nahrung und Flüssigkeiten in der Mundhöhle zu halten.

Zähne und Zahnfleisch

Die **Zähne** sind in Fächern (Alveolen) der Zahnbögen (Alveolarbögen) von Maxilla und Mandibula (Arcus dentalis maxillaris oder superior und Arcus dentalis mandibularis oder inferior) untergebracht. Bei Zahnverlust (bleibende Zähne) oder nach Entfernung der bleibenden Zähne kommt es zum langsamen Abbau des Alveolarknochens und damit zur Atrophie der Zahnbögen im Bereich der fehlenden Zähne. Ein zahnloser Unterkiefer kann so nur noch aus einem dünnen knöchernen Mandibularbogen bestehen.

Das Zahnfleisch **(Gingiva)** ist eine besondere Region der Mundschleimhaut, die die Zähne und den dazugehörigen Alveolarknochen umgibt.

Das Gebiss ist beim Menschen heterodont, d.h., die Zähne sind als Schneide-, Eck-, Backen- und Mahlzähne spezialisiert und unverwechselbar geformt (Abb. 8.264A).

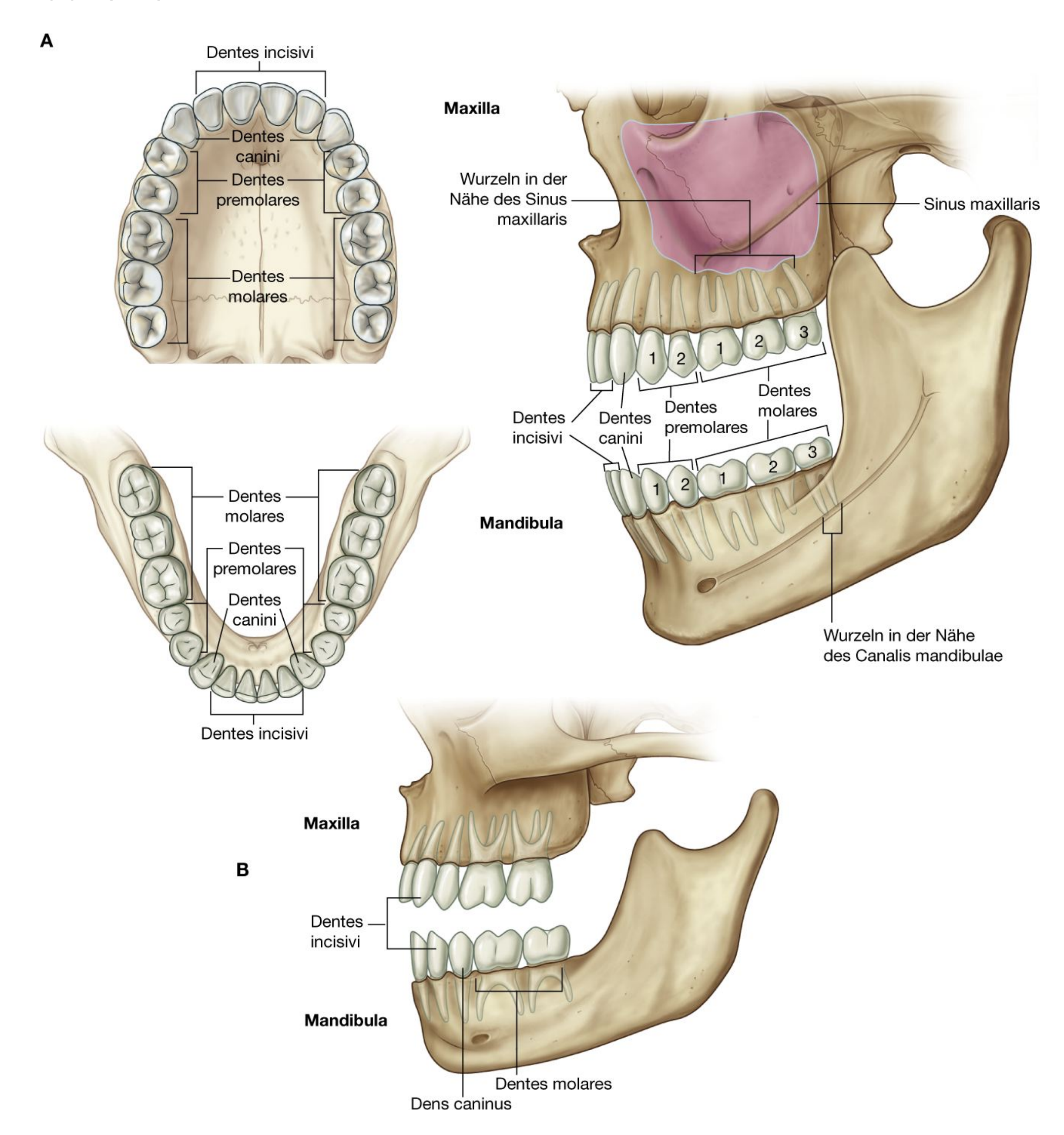
Erwachsene besitzen 32 bleibende Zähne (Dentes permanentes, Dauergebiss), 16 Oberkieferzähne und 16 Unterkieferzähne. Auf jeder Seite des Ober- und Unterkiefers kommen zwei Dentes incisivi (Schneidezähne), ein Dens caninus (Eckzahn), zwei Dentes premolares (Backenzähne) und drei Dentes molares (Mahlzähne) vor.

- Die **Dentes incisivi**, die „Schneidezähne“, haben eine Wurzel und eine meißelartige Krone, die „schneidet“.
- Die **Dentes canini** sitzen lateral von den Schneidezähnen, sind die längsten Zähne, haben eine Krone mit einem einzigen Höcker, und sie „reißen“ (die Nahrung buchstäblich in Stücke).
- Die **Dentes premolares** (Backenzähne oder Vor-Backenzähne) besitzen eine Krone mit zwei spitzen Höckern (einem Höcker an der bukkalen Seite und einem Höcker an der lingualen Seite). Sie haben mit Ausnahme des ersten oberen Prämolaren (zwei Wurzeln) eine Wurzel. Backenzähne „mahlen“.
- Die **Dentes molares** sitzen hinter den Backenzähnen. Sie haben zwei (untere Molaren) oder drei Wurzeln (oberen Molaren), eine Krone mit drei bis fünf Höckern, und sie „mahlen“.

Das Gebiss des Menschen ist diphyodont, d.h., es treten zwei Dentitionen auf, als Milch- und als Dauergebiss (einmaliger Zahnwechsel). Zunächst entwickeln sich beim Kind 20 Dentes decidui (Milchzähne); nach dem Zahnwechsel besteht das Gebiss des Erwachsenen meist aus bis zu 32 bleibenden Zähnen (Dentes permantentes; Abb. 8.264B). Die Michzähne durchbrechen das Zahnfleisch zwischen dem sechsten Monat und dem zweiten Lebensjahr. Der Durchbruch der bleibenden Zähne beginnt ungefähr im sechsten Lebensjahr und kann sich bis zum Erwachsenenalter fortsetzen.

1045

Abb. 8.264



Zähne. **A**. Dauergebiss eines Erwachsenen. **B**. Dentes decidui (Milchzähne).

Die 20 Milchzähne bestehen aus zwei Dentes incisivi, einem Dens caninus und zwei Dentes molares auf jeder Seite des Ober- und des Unterkiefers. Die Milchzähne werden durch die entsprechenden Dentes incisivi, canini, premolares und molares der bleibenden Zähne ersetzt. Die bleibenden Molaren brechen hinter den Milchmolaren durch das Zahnfleisch und verursachen zur besseren Anpassung eine Vorwärtsverlängerung der Kieferknochen.

Gefäße

Arterien

Alle Zähne werden von Arterien mit Blut versorgt, die entweder direkt oder indirekt aus der Arteria maxillaris stammen (Abb. 8.265).

Arteria alveolaris inferior

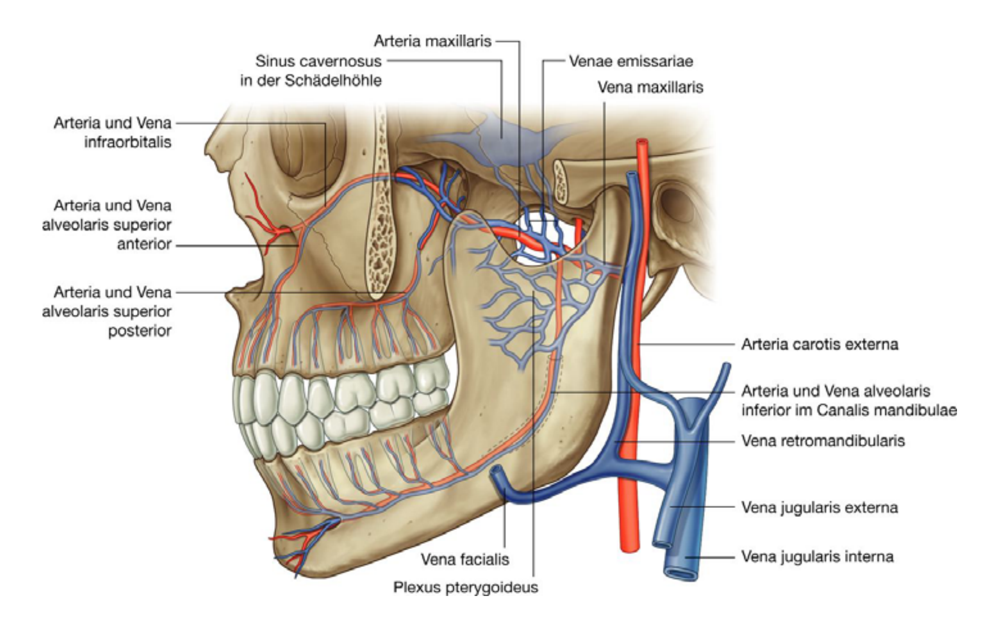
Alle Unterkieferzähne werden von der **Arteria alveolaris inferior** versorgt, die in der Fossa infratemporalis aus der Arteria maxillaris abgeht. Das Gefäß tritt in den Canalis mandibulae ein, zieht im Knochen nach vorn, gibt Äste zu den weiter dorsal sitzenden Zähnen ab und teilt sich schließlich gegenüber dem ersten Prämolaren in einen **Ramus incisivus** und einen **Ramus mentalis**. Der Ramus mentalis tritt aus dem Foramen mentale aus und versorgt das Kinn arteriell; der Ramus incisivus verbleibt im Knochen und versorgt die vorderen Zähne und die umliegenden Strukturen mit Blut.

Arteriae alveolares superior anterior und superior posterior

Alle Oberkieferzähne werden von der Arteria alveolaris superior anterior und von der Arteria alveolaris superior posterior versorgt.

Unmittelbar nach Eintritt der Arteria maxillaris in die Fossa pterygomaxillaris entspringt die **Arteria alveolaris superior posterior** und verlässt die Fossa pterygomaxillaris durch die Fissura pterygomaxillaris. Die Arterie zieht an der dorsolateralen Seite der Maxilla abwärts, verzweigt sich und tritt durch einen kleinen Kanal in den Knochen, um die Molaren und Prämolaren zu versorgen.

Abb. 8.265



Arterien und Venen für die Zähne.

Die **Arteria alveolaris superior anterior** entspringt aus der Arteria infraorbitalis, die in der Fossa pterygopalatina von der Arteria maxillaris abzweigt. Die Arteria infraorbitalis verlässt die Fossa pterygopalatina durch die Fissura orbitalis inferior und gelangt in den Sulcus infraorbitalis und in den Canalis infraorbitalis am Boden der Orbita. Im Canalis infraorbitalis entspringt die Arteria alveolaris superior anterior aus der Arteria infraorbitalis. Sie verläuft durch den Knochen, verzweigt sich und versorgt die Schneide- und Eckzähne mit Blut.

Arterielle Blutversorgung des Zahnfleisches

Das Zahnfleisch (Gingiva) wird von verschiedenen Arterien mit Blut versorgt, abhängig davon, auf welcher Seite des Zahns es sich befindet. Man unterscheidet eine bukkale oder vestibuläre Seite, die zum Vestiubulum oris und zur Wange gerichtet ist, von einer lingualen oder palatinalen Seite, die zur Zunge und zum Gaumen gerichtet ist:

- Das bukkale Zahnfleisch der Unterkieferzähne wird von Ästen der Arteria alveolaris inferior versorgt; die linguale Gingiva wird aus Ästen der Arteria lingualis der Zunge versorgt. 1047 1048
- Das bukkale Zahnfleisch der Oberkieferzähne wird aus Ästen der Arteriae alveolares superiores anterior und posterior versorgt.
- Das palatinale Zahnfleisch der Oberkieferzähne wird über Äste der Arteria nasopalatina (im Bereich der Schneide- und Eckzähne) sowie über Äste der Arteria palatina major (im Bereich der Prämolaren und Molaren) versorgt.

Venen

Die Venen der Ober- und Unterkieferzähne folgen normalerweise dem Verlauf der Arterien (Abb. 8.265).

Vena alveolaris inferior der Unterkieferzähne sowie Vena alveolaris superior der Oberkieferzähne drainieren hauptsächlich in den venösen Plexus pterygoideus in der Fossa infratemporalis; ein Teil des venösen Bluts der vorderen Zähne wird auch über Nebenflüsse in die Vena facialis drainiert.

Der Plexus pterygoideus führt das venöse Blut hauptsächlich in die Vena maxillaris. Das Blut gelangt so schließlich in die Vena retromandibularis und in die Venae jugulares internae. Zusätzlich gibt es kleine Verbindungsgefäße, die von der Oberseite des Plexus pterygoideus durch kleine Emissarien der Schädelbasis zum Sinus cavernosus in der Schädelhöhle drainieren. *Durch diese kleinen Venae emissariae können sich Infektionen der Zähne bis in die Schädelhöhle ausbreiten.*

Der venöse Abfluss der Zähne kann außerdem über Gefäße durch das Foramen mentale in die Vena facialis erfolgen.

Die Venen der Gingiva folgen den Arterien und führen ihr Blut letztlich in die Vena facialis oder in den venösen Plexus pterygoideus.

Lymphgefäße

Die Lymphgefäße der Zähne und des Zahnfleisches drainieren hauptsächlich zu den Nodi lymphoidei submandibulares, zu den Nodi lymphoidei submentales und zu den Nodi lymphoidei cervicales profundi (Abb. 8.266).

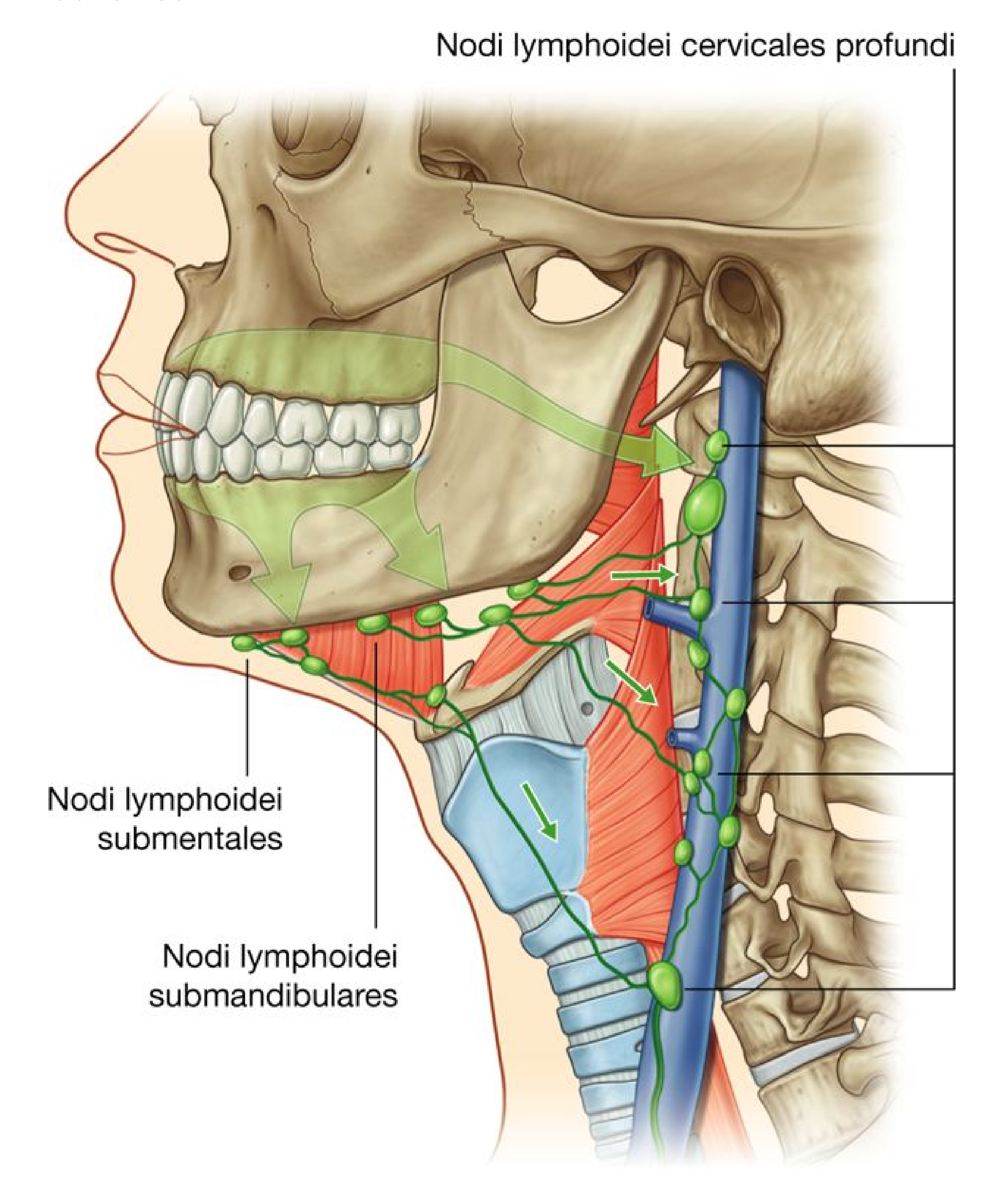
Innervation

Alle Nerven, die die Zähne und das Zahnfleisch innervieren, sind Äste des Nervus trigeminus [V] (Abb. 8.267 und 8.268).

Nervus alveolaris inferior

Alle Unterkieferzähne werden von Ästen des Nervus alveolaris inferior innerviert, der in der Fossa infratemporalis vom Nervus mandibularis [V_3] abzweigt. Der Nerv tritt gemeinsam mit seinen gleichnamigen Begleitgefäßen an der medialen Seite des Ramus mandibulae unterhalb der Lingula mandibulae in das Foramen mandibulae ein und zieht im Canalis mandibulae durch den Knochen nach vorn bis zu seiner Aufteilung in den Nervus incisivus und den Nervus mentalis. Die Äste zu den Zähnen gehen direkt aus dem Nervus alveolaris inferior ab.

Abb. 8.266



Lymphabfluss der Zähne und des Zahnfleisches.

In der Nähe des ersten Prämolaren erfolgt die Aufteilung in Nervus incisivus und Nervus mentalis:

- Der **Nervus incisivus** innerviert den ersten Prämolaren, den Eckzahn und die Schneidezähne sowie das dazugehörige bukkale Zahnfleisch sensibel.
- Der **Nervus mentalis** tritt durch das Foramen mentale aus der Mandibula aus und innerviert das Kinn und die Unterlippe sensibel.

Nervi alveolares superiores anteriores, mediales und posteriores

Alle Oberkieferzähne werden von den Nervi alveolares superiores anteriores, mediales und posteriores innerviert, die indirekt oder direkt vom Nervus maxillaris [V_2] abstammen.

Der Nervus alveolaris superior posterior zweigt in der Fossa pterygopalatina direkt vom Nervus maxillaris [V_2] ab, verlässt die Fossa pterygopalatina durch die Fissura pterygomaxillaris und zieht an der dorsolateralen Oberfläche der Maxilla nach kaudal. Er tritt durch ein kleines Foramen, das sich auf halber Strecke zwischen Fissura pterygomaxillaris und letztem Molaren befindet, in die Maxilla ein und verläuft hier in der Wand des Sinus maxillaris durch den Knochen. Der Nervus alveolaris superior posterior innerviert die Molaren über den Plexus alveolaris, der vom Nervus alveolaris superior posterior, vom Nervus alveolaris superior medius und vom Nervus alveolaris superior anterior gebildet wird. Nervus alveolaris superior anterior und Nervus alveolaris superior medius zweigen am Boden der Orbita vom Nervus infraorbitalis, einem Ast des Nervus maxillaris [V_2], ab:

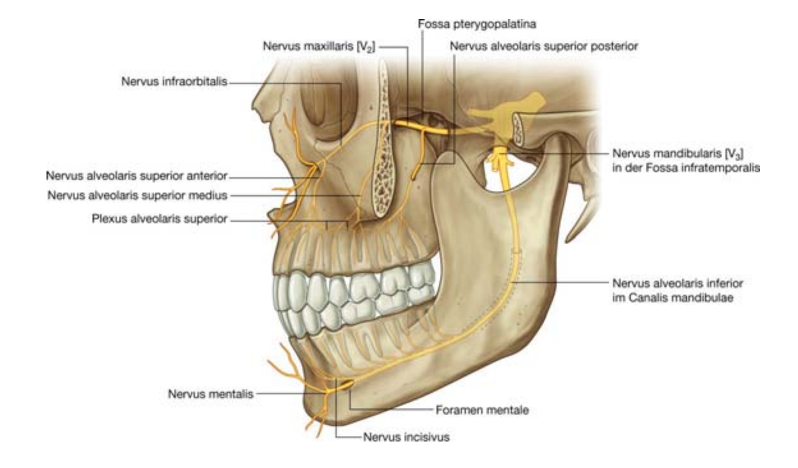
1048
1049

- Der Nervus alveolaris superior medius zweigt im Sulcus infraorbitalis vom Nervus infraorbitalis ab, zieht in der lateralen Wand des Sinus maxillaris durch den Knochen und innerviert die Prämolaren über den Plexus alveolaris superior.
- Der Nervus alveolaris superior anterior zweigt im Canalis infraorbitalis vom Nervus infraorbitalis ab, zieht in der Vorderwand des Sinus maxillaris durch die Maxilla und innerviert über den Plexus alveolaris superior die Schneide- und Eckzähne.

Innervation des Zahnfleisches

Wie die Zähne wird auch das Zahnfleisch von Nerven innerviert, die ursprünglich vom Nervus trigeminus [V] abstammen (Abb. 8.268):

Abb. 8.267



Innervation der Zähne.

- Das Zahnfleisch der Oberkieferzähne wird über Äste des Nervus maxillaris [V_2] innerviert.
- Das Zahnfleisch der Unterkieferzähne wird von Ästen des Nervus mandibularis [V_3] innerviert.

Das Zahnfleisch an der bukkalen Seite der Oberkieferzähne wird von den Nervi alveolares superiores anteriores, mediales und posteriores innerviert, die auch die entsprechenden Zähne innervieren. Das Zahnfleisch der palatinalen Seite der gleichen Zähne wird vom Nervus nasopalatinus und vom Nervus palatinus major innerviert:

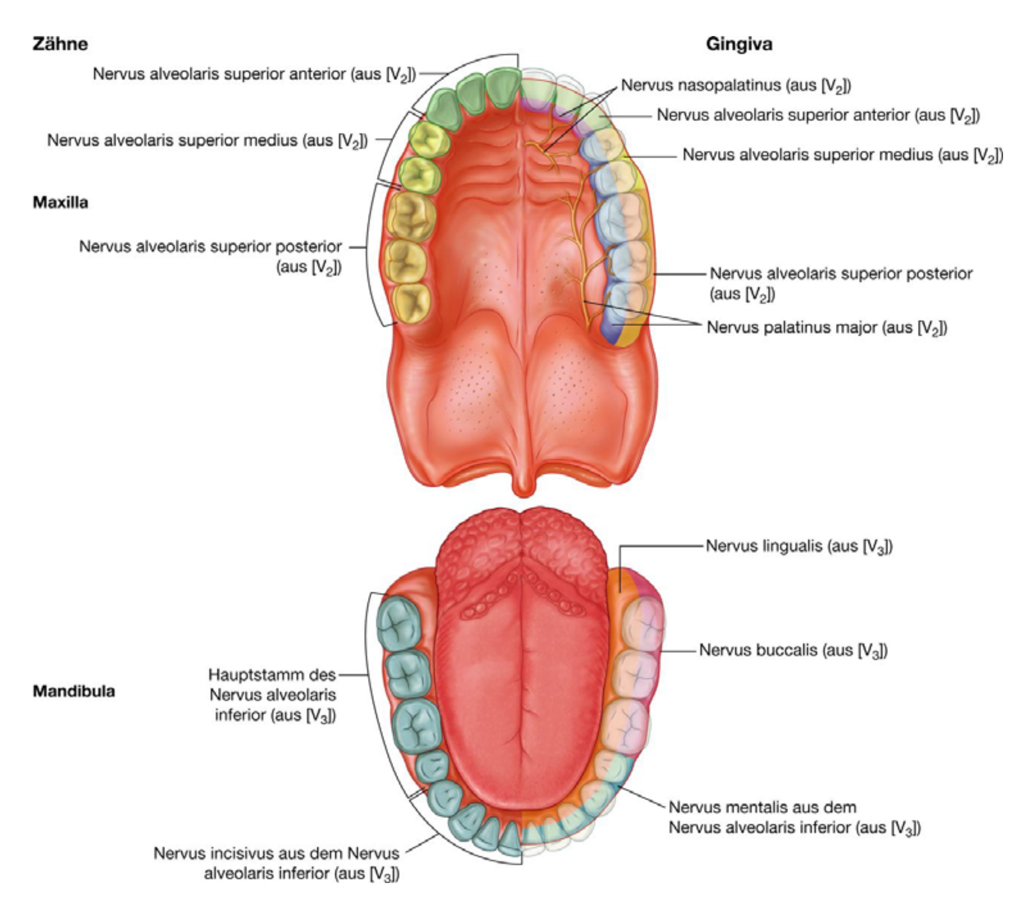
- Der Nervus nasopalatinus innerviert die Gingiva der Schneide- und Eckzähne.
- Der Nervus palatinus major innerviert das Zahnfleisch der übrigen Zähne.

An der Mandibula wird die Gingiva der bukkalen Seiten der Schneide- und Eckzähne sowie des ersten Prämolaren vom Nervus incisivus aus dem Nervus alveolaris inferior innerviert. Das Zahnfleisch der Molaren wird an der bukkalen Seite vom Nervus buccalis innerviert, der in der Fossa infratemporalis vom Nervus mandibularis [V_3] abzweigt. Das Zahnfleisch an der lingualen Seite aller Unterkieferzähne wird vom Nervus lingualis innerviert.

1049

1050

Abb. 8.268



Innervation der Zähne und des Zahnfleisches.

1050

Oberflächenanatomie

Oberflächenanatomie von Kopf und Hals

Auch an Kopf und Hals kann man Knochenstrukturen nutzen, um die großen Blutgefäße, Drüsen, Muskeln sowie den Zugang zu den Luftwegen zu lokalisieren.

Die neurologische Untersuchung der Hirnnerven und der oberen Halsnerven erfolgt durch Testung der Funktionen von Kopf und Hals.

Außerdem können allgemeine Informationen über den Gesundheitszustand gewonnen werden, wenn man Oberflächenmerkmale (Abb. 8.269), das Auge, die Mundhöhle und Sprachcharakteristika beurteilt.

Abb. 8.269



Normales Aussehen von Kopf und Hals. **A**. Frau, Ansicht von lateral. **B**. Frau Ansicht von vorn. **C**. Mann, Ansicht von lateral. **D**. Mann, Ansicht von vorn.

Anatomische Normalstellung des Kopfes und wichtige Landmarken

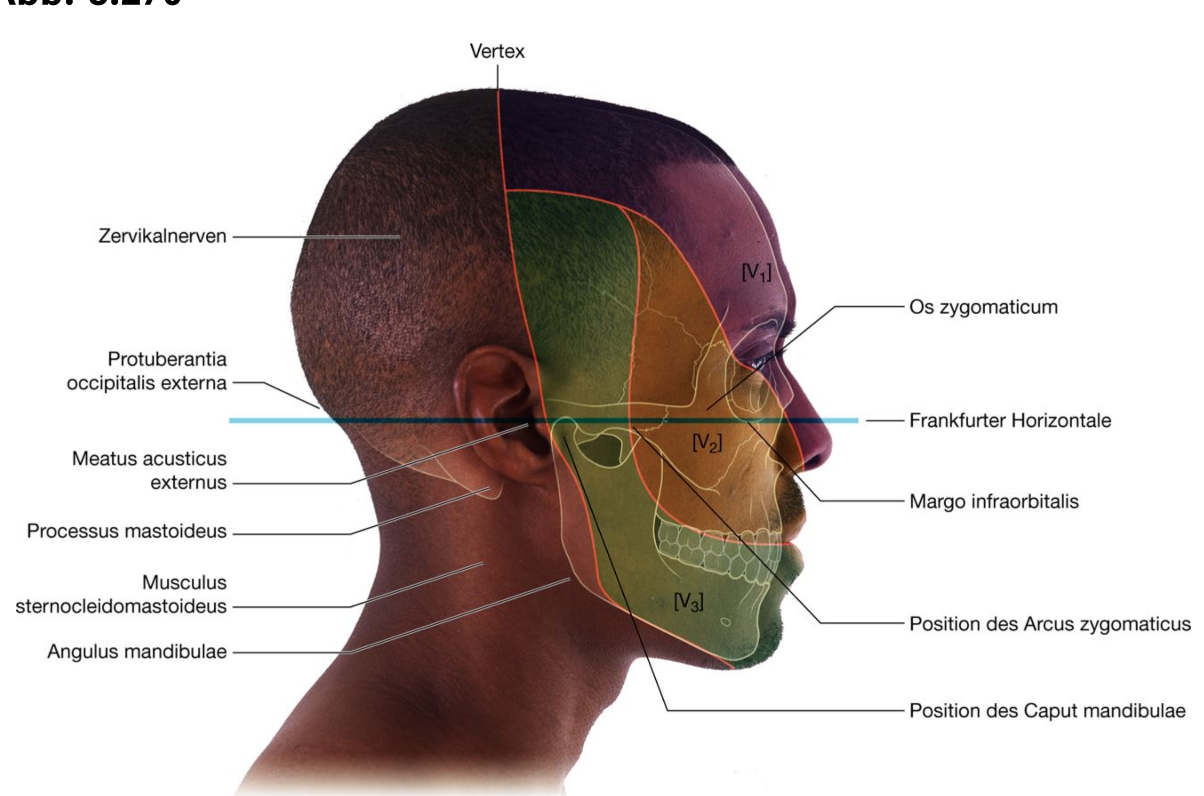
Der Kopf befindet sich in anatomischer Normalstellung, wenn der kaudale Rand der knöchernen Orbita und die Oberränder der äußeren Gehörgänge auf einer horizontalen Linie liegen (Frankfurter Horizontale).

Außer den äußeren Gehörgängen und den Unterrändern der knöchernen Orbita gehören andere tastbare Strukturen wie das Caput mandibulae, der Arcus zygomaticus, das Os zygomaticum, der Processus mastoideus und die Protuberantia occipitalis externa dazu (Abb. 8.270). Das Caput mandibulae befindet sich vor dem äußeren Ohr, aber hinter dem und unterhalb vom hinteren Ende des Arcus zygomaticus. Man kann es am besten lokalisieren, indem man den Mund öffnet und schließt und das Caput mandibulae beim Vor- und Zurückrutschen auf den Tuberculumabhang in die Fossa mandibularis tastet.

Der Arcus zygomaticus erstreckt sich von dem Gebiet knapp oberhalb der Articulatio temporomandibularis bis zum Os zygomaticum, das einen knöchernen Vorsprung lateral des Unterrandes der vorderen Orbitaöffnung bildet.

Der Processus mastoideus ist ein großer knöcherner Vorsprung, der hinter und etwas unterhalb des äußeren Gehörgangs tastbar ist. Der kraniale Anteil des Musculus sternocleidomastoideus setzt am Processus mastoideus an.

Abb. 8.270



Anatomische Position des Kopfes und wichtige Landmarken. Kopf und Hals eines Mannes von lateral.

An der Stelle, an der die Umrisslinie des Schädels im Bereich des Os occipitale in der Mittellinie stark nach vorn biegt, kann man die Protuberantia occipitalis externa tasten. Der Ort umschreibt ungefähr die Stelle, an der die Rückseite des Halses in den Kopf übergeht.

Ein weiteres klinisch wichtiges Merkmal des Kopfes ist der Vertex. Befindet sich der Schädel in der anatomischen Normalstellung, ist der Vertex die höchste Stelle des Schädels und umschreibt den ungefähren Ort der Kopfhaut, an dem sich der Übergang der zervikalen auf die kraniale Innervation befindet. Vor dem Vertex wird die Kopfhaut vom Nervus trigeminus [V] innerviert. Hinter dem Vertex wird sie aus Ästen der Zervikalnerven innerviert.

Darstellung der Strukturen an den Wirbelkörpern C3/C4 und C6

Zwei Wirbelsäulenabschnitte des Halses haben wichtige anatomische Lagebeziehungen (Abb. 8.271).

Der Discus intervertebralis zwischen dem 3. und 4. Halswirbel befindet sich auf derselben horizontalen Ebene wie die Bifurkation der beiden Arteriae carotides communes in die 1052
1053 entsprechenden Arteriae carotides internae und externae. Auf dieser Höhe liegt auch ungefähr der Oberrand der Cartilago thyroidea.

Die Höhe des 6. Halswirbels markiert den Übergang vom Pharynx zum Oesophagus und vom Larynx zur Trachea. Der 6. Halswirbel kennzeichnet somit das obere Ende von Speiseröhre und Luftröhre und befindet sich ungefähr am Unterrand der Cartilago cricoidea.

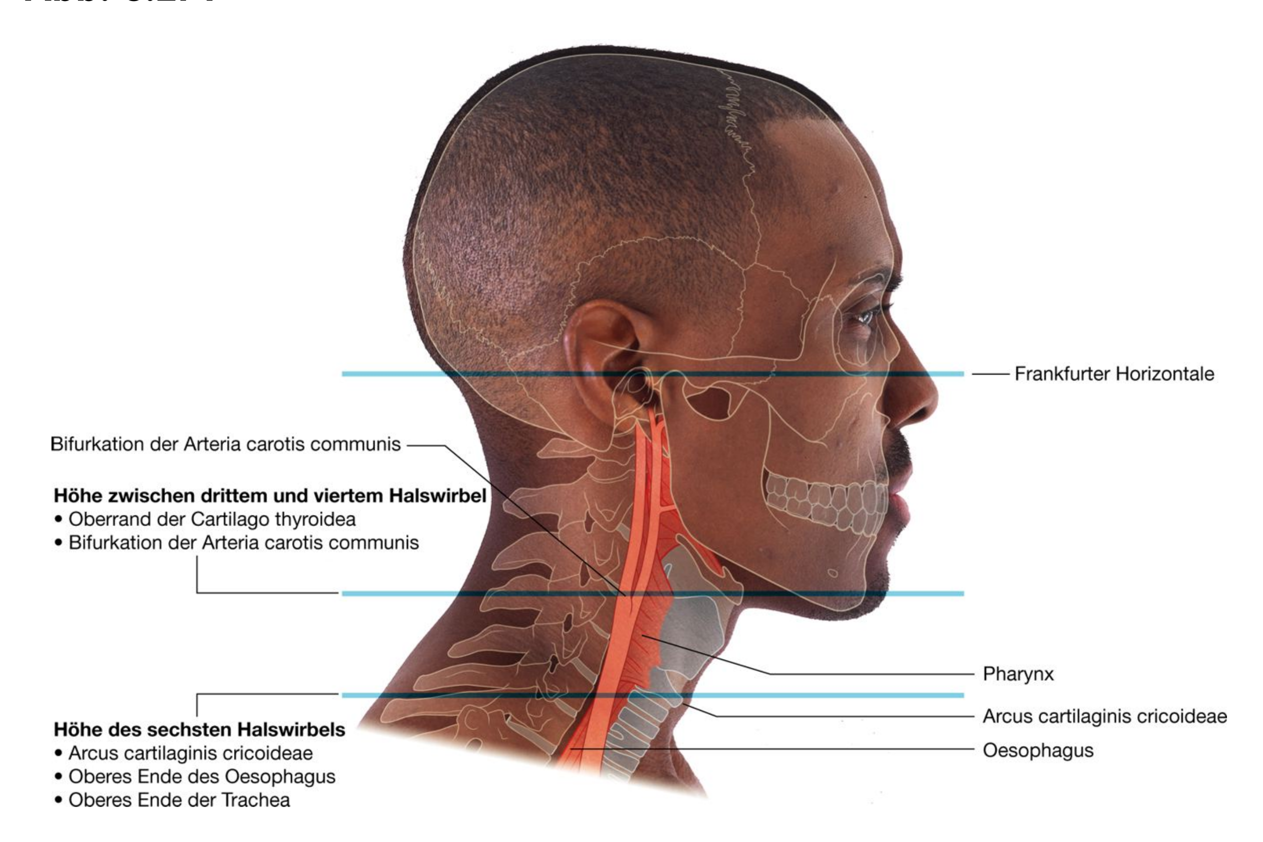
Begrenzung des vorderen und des lateralen Halsdreiecks

Die Grenzen des vorderen und des lateralen Halsdreiecks auf beiden Seiten des Halses sind leicht auffindbar, wenn man sich an sichtbaren knöchernen und muskulären Strukturen orientiert (Abb. 8.272).

Die Grundlinie beider vorderer Halsdreiecke wird vom Unterrand der Mandibula, der Vorderrand von der Mittellinie des Halses und der Hinterrand vom Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus gebildet. Die Spitze beider vorderer Halsdreiecke zeigt nach kaudal und liegt an der Incisura jugularis sterni.

Die vorderen Halsdreiecke enthalten Strukturen, wie den Kehlkopf und den Anfangsteil der Luftröhre sowie Anteile des oberen Verdauungstrakts. Sie beherbergen aber auch Nerven und Gefäße, die zwischen dem Thorax und dem Kopf verlaufen, sowie die Schilddrüse und die Nebenschilddrüsen.

Abb. 8.271



Darstellung der Strukturen an den Wirbelkörpern C3/C4 und C6. Kopf und Hals eines Mannes von lateral.

Die Grundlinie der lateralen Halsdreiecke verläuft durch das mittlere Drittel der Clavicula. Der mediale Rand wird vom Hinterrand des Musculus sternocleidomastoideus und der laterale Rand vom Vorderrand des Musculus trapezius gebildet. Die Spitze zeigt kranialwärts und befindet sich direkt dorsokaudal des Processus mastoideus.

Die beiden lateralen Halsdreiecke enthalten Nerven und Gefäße, die zur oberen Extremität verlaufen oder von ihr kommen.

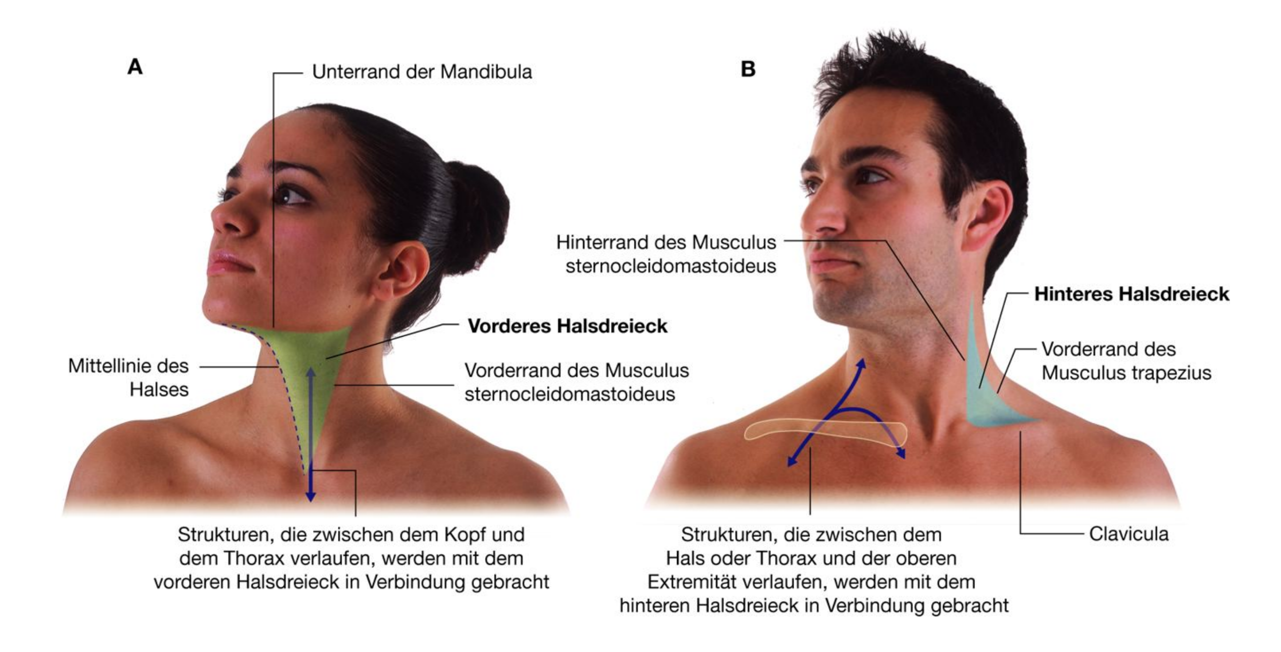
Auffinden des Ligamentum cricothyroideum

Eine wichtige Struktur im Bereich des Halses ist das Ligamentum cricothyroideum (Membrana cricothyroidea; Abb. 8.273), da eine notfallmäßige Durchtrennung des Bandes möglicherweise lebensrettend sein kann, beispielsweise wenn die oberen Luftwege oberhalb der Stimmfalten aus irgendwelchen Gründen versperrt sind.

Berücksichtigt man einige tastbare Punkte am Kehlkopf, kann man das Band leicht auffinden. 1053 Tastet man mit dem Finger vorsichtig die Strukturen des Kehlkopfes an der Mittellinie ab, dann 1054 findet man zunächst die Incisura thyroidea superior am Oberrand des Schildknorpels. Fährt man mit dem Finger ein Stück weiter abwärts, fühlt man die Prominentia laryngea und weiter kaudal den Schildknorpelwinkel. Wenn der Finger über den Unterrand der Cartilago thyroidea gleitet,

fühlt man eine weiche Vertiefung, bevor der Finger den harten Arcus cartilaginis cricoideae erreicht.

Abb. 8.272



Abgrenzung des vorderen und lateralen Halsdreiecks. **A**. Frau, Ansicht von vorn bei nach rechts geneigtem Kopf. Das linke vordere Halsdreieck ist grün markiert. **B**. Mann, Ansicht von vorn bei nach rechts geneigtem Kopf. Das linke laterale Halsdreieck ist blau markiert.

Die weiche Vertiefung zwischen dem Unterrand der Cartilago thyroidea und dem Arcus cartilaginis cricoideae ist das Ligamentum cricothyroideum.

Führt man eine Kanüle durch das Ligamentum cricothyroideum in den Luftweg ein, landet diese direkt unterhalb der Stimmfalten des Larynx.

Zu den Strukturen, die zwischen der Haut und dem Ligamentum cricothyroideum in der Mittellinie des Halses liegen oder diese kreuzen, gehören der Lobus pyramidalis der Schilddrüse sowie kleine Gefäße.

Der Oberrand des Kehlkopfknorpels kann manchmal oberhalb des Schilddrüsenisthmus, der vorn die Trachea kreuzt, und unterhalb des Ringknorpels getastet werden.

Die Merkmale zum Auffinden des Ligamentum cricothyroideum sind bei Männern und Frauen vergleichbar, bei Männern sind sie allerdings etwas deutlicher ausgeprägt, da der Winkel der beiden Schildknorpelplatten zueinander etwas spitzer ist als bei Frauen.

Auffinden der Schilddrüse

Der rechte und der linke Schilddrüsenlappen befinden sich unterhalb der Linea obliqua des Schildknorpels in den vorderen Halsdreiecken seitlich des Luftwegs und des Verdauungstraktes (Abb. 8.274). Tatsächlich befindet sich der Musculus sternothyroideus, der oberhalb an der Linea

obliqua ansetzt, vor den Schilddrüsenlappen und verhindert, dass sie im Hals nach nach kranial rutschen.

Die Schilddrüsenlappen können am leichtesten palpiert werden, indem man die Prominentia laryngea und den Arcus cartilaginis cricoideae aufsucht und dann von hinten seitlich den Kehlkopf abtastet.

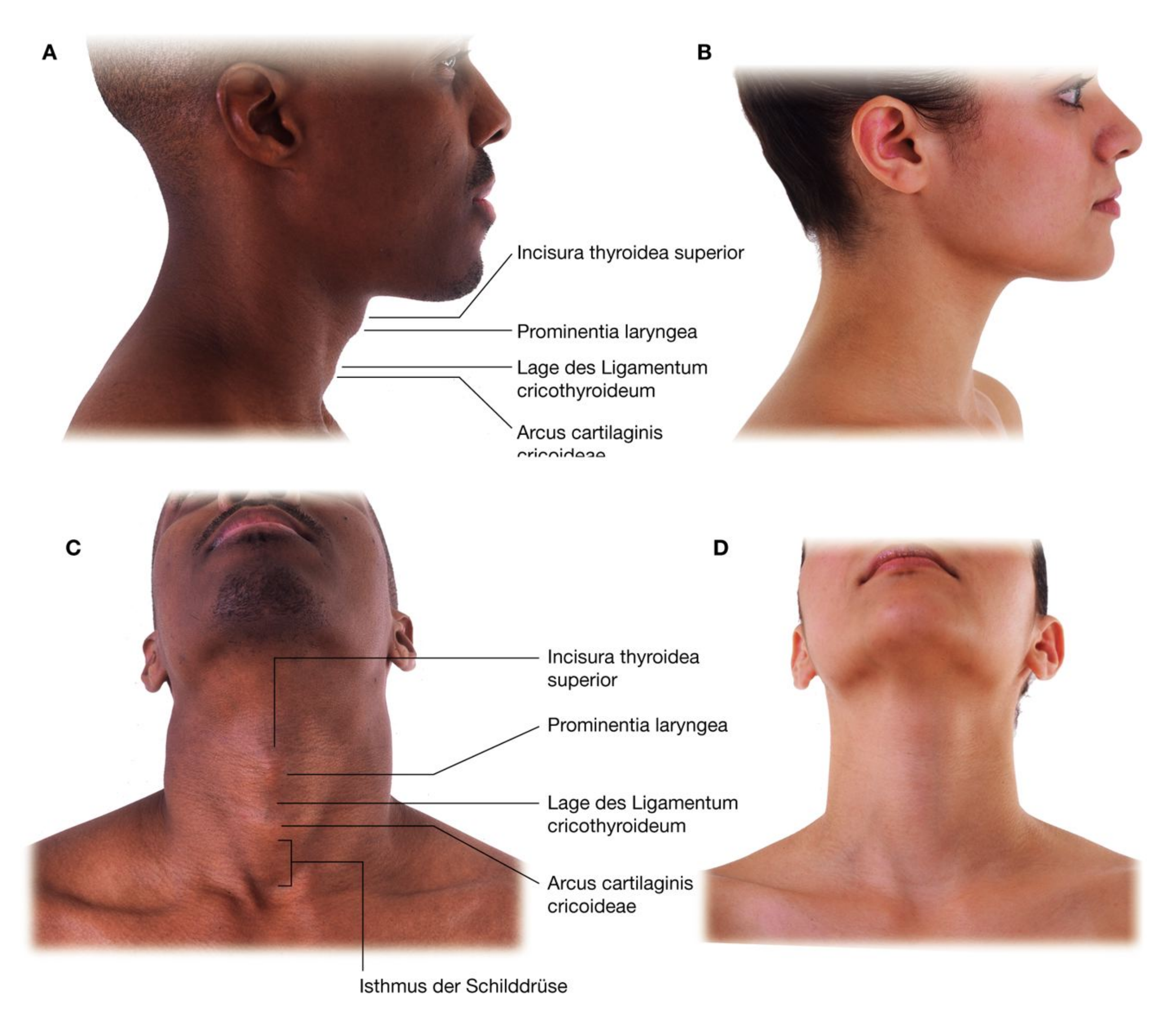
Der Schilddrüsenisthmus liegt ventral vom oberen Abschnitt der Trachea und kann an der Mittellinie unterhalb des Arcus cartilaginis cricoideae leicht palpiert werden.

Das Vorkommen eines ausgeprägten Schilddrüsenisthmus erschwert nicht nur die manuelle Untersuchung der Kehlkopfknorpel, sondern auch den künstlichen Zugang zu den Luftwegen (Tracheotomie) und den dazugehörigen Gefäßen, die entlang der Mittellinie verlaufen oder diese kreuzen. Eine Tracheotomie ist ein chirurgischer Eingriff.

1054

1055

Abb. 8.273



Auffinden des Ligamentum cricothyroideum. **A**. Ansicht des Kopfs und Halses eines Mannes von lateral. **B**. Ansicht des Kopfs und Halses einer Frau von lateral. **C**. Hals eines Mannes weit nach dorsal überstreckt. Ansicht von vorn. **D**. Hals einer Frau weit nach dorsal überstreckt. Ansicht von vorn.

Abschätzen des Verlaufs der Arteria meningea media

Die Arteria meningea media zweigt in der Fossa infratemporalis von der Arteria maxillaris ab (Abb. 8.275). Sie zieht durch das Foramen spinosum in den Schädel und verläuft dort innerhalb der Dura mater, die die Schädelhöhle auskleidet.

Bei seitlichen Kopftraumata kann die Arteria meningea media verletzt werden mit der Folge einer Epiduralblutung, die unbehandelt häufig tödlich endet.

Der Ramus anterior der Arteria meningea media ist der Ast, der am häufigsten verletzt wird. Er befindet sich in der Schläfenregion des Kopfes, ungefähr auf halber Strecke zwischen dem Oberrand der Orbita und dem Oberrand des äußeren Ohres beim Pterion. Das Pterion ist eine kleine, kreisförmige Region, in der Os sphenoidale, Os frontale, Os parietale und Os temporale aufeinandertreffen.

Seitliche Kopftraumen können zur Fraktur auf der Innenseite der Schädelkalotte und somit zur Ruptur der Arteria meningea media im äußeren Blatt der Dura mater führen, die am Schädelknochen befestigt ist. Es kommt zu einer arteriellen Blutung, die die Dura allmählich vom Schädelknochen ablöst und so ein fortschreitendes epidurales Hämatom bildet.

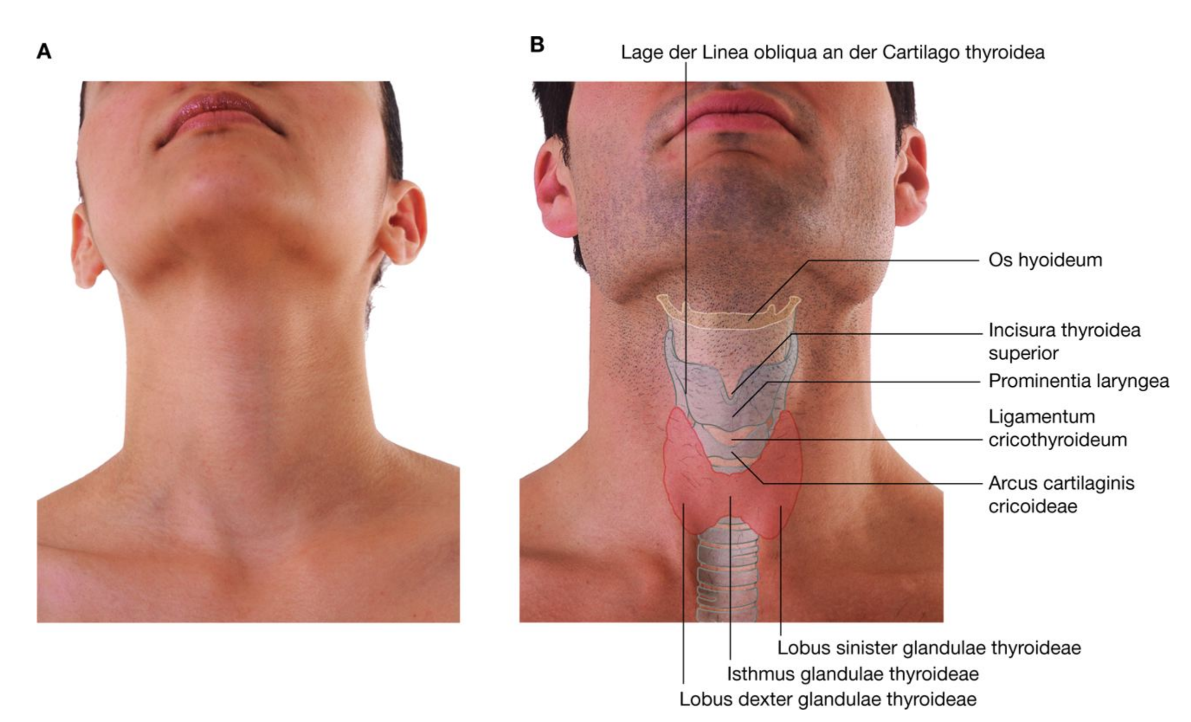
Hauptmerkmale des Gesichts

Die Hauptmerkmale des Gesichts stehen in Zusammenhang mit den vorderen Öffnungen der Orbita, der Nasenhöhlen und der Mundhöhle (Abb. 8.276).

1055

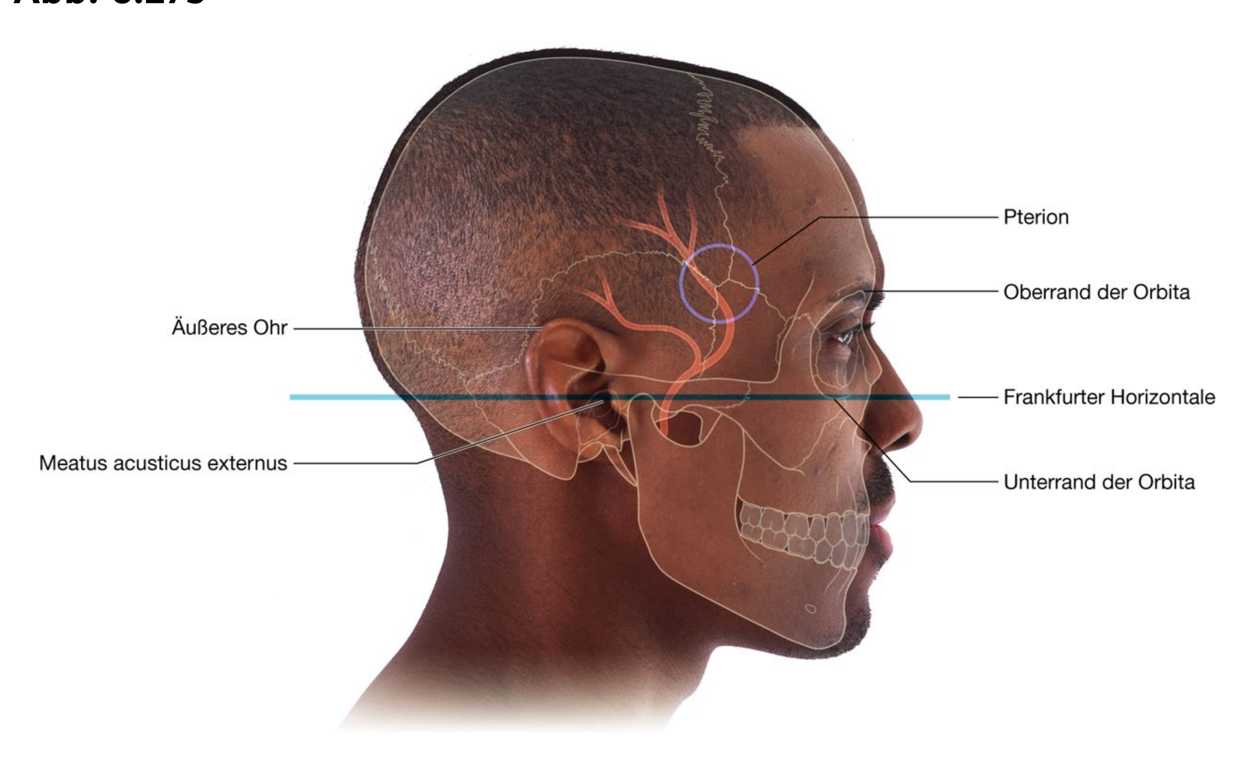
1056

Abb. 8.274



Auffinden der Schilddrüse. **A**. Ansicht des Halses einer Frau von vorn. **B**. Ansicht des Halses eines Mannes von vorn.

Abb. 8.275



Abschätzen des Verlaufs der Arteria meningea media.

1056

1057

Die Fissura palpebralis zwischen Ober- und Unterlid des Auges kann ebenso wie die Rima oris, der Spalt zwischen Ober- und Unterlippe, geöffnet und geschlossen werden.

Die Schließmuskeln von Rima oris und Fissura palpebralis sind der Musculus orbicularis oris und der Musculus orbicularis oculi. Die beiden mimischen Muskeln werden vom Nervus facialis [VII] innerviert.

Die Nasenlöcher sind als vordere Öffnungen der Nasenhöhlen ständig geöffnet.

Die vertikale Rinne in der Mittellinie zwischen äußerer Nase und Oberlippe heißt Philtrum.

Die Innervation des Gesichts erfolgt sensibel durch den Nervus trigeminus [V]. Die drei Hauptäste des Nervus trigeminus innervieren verschiedene Bereiche des Gesichts und können getestet werden, indem man die Stirn (Nervus ophthalmicus [V_1]), den vorderen Wangenbereich (Nervus maxillaris [V_2]) und die Haut des Kinns (Nervus mandibularis [V_3]) berührt (Trigeminusdruckpunkte).

Auge und Tränenapparat

Zu den Hauptmerkmalen des Auges gehören die Sclera, die Cornea, die Iris und die Pupille (Abb. 8.277). Die Cornea ist die kreisförmige Region der äußeren Augenbedeckung, durch die die Pupille und die Iris sichtbar sind (Sichtfenster zur Außenwelt) und die dorsal in die Sklera übergeht. Die Sclera ist nicht transparent und normalerweise weiß.

Ober- und Unterlid eines jeden Auges schließen die Fissura palpebralis zwischen sich ein. Die Augenlider treffen an der Commissura medialis palpebrarum (medialer Lidwinkel; nasaler Lidwinkel) und der Commissura lateralis palpebrarum (lateraler Lidwinkel; temporaler Lidwinkel) eines jeden Auges aufeinander.

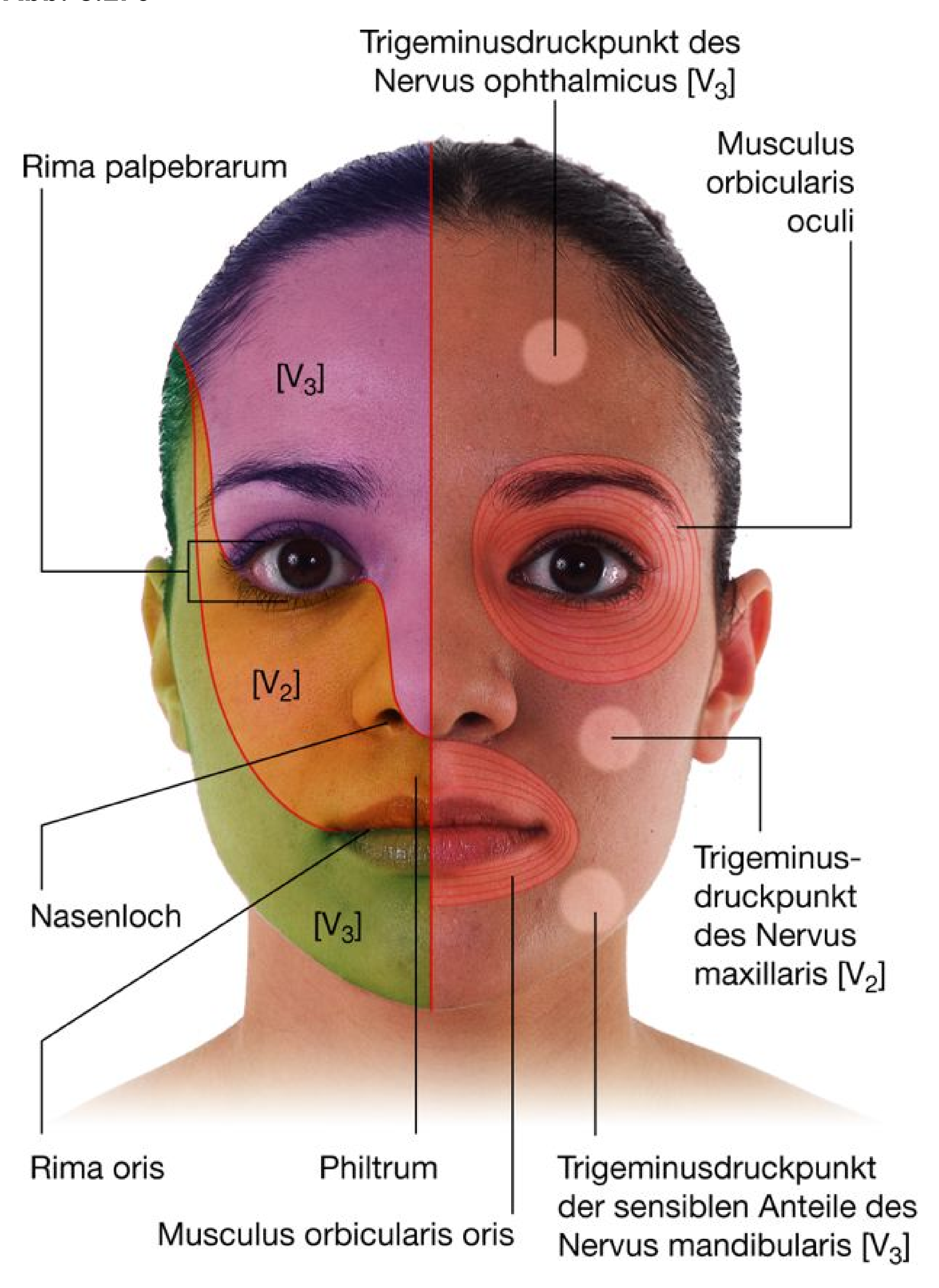
Der Tränenapparat (Apparatus lacrimalis) umfasst die Tränendrüse, die akzessorischen Tränendrüsen und weitere Drüsen in den Lidern sowie das Gang- und Kanalsystem, bestehend aus Tränenkanälchen, Tränensack und Tränennasengang, das die Tränenflüssigkeit sammelt und sie in die Nasenhöhle drainiert. Tränen dienen der Befeuchtung, Ernährung und dem Schutz der Cornea. Sie tragen ebenfalls zur Erhaltung der Transparenz der Hornhaut bei.

Die Tränendrüse steht mit dem Oberlid in Verbindung und befindet sich in einer kleinen Vertiefung am lateralen Orbitadach direkt hinter dessen Vorderrand. Die zehn bis zwölf Ausführungsgänge der Tränendrüse münden in die Fornix conjunctivae (Bindehautsack).

Beim Lidschluss kontrahiert der Musculus orbicularis oculi zeitversetzt von temporal nach nasal. Dadurch wird der Tränenfilm ebenfalls von temporal nach nasal gewischt. Da er ständig erneuert wird, sammelt sich die Tränenflüssigkeit im medialen Lidwinkel als Lacus lacrimalis (Tränensee).

Auf dem medialen Lidrand befindet sich sowohl am Oberlid als auch am Unterlid jeweils eine Caruncula lacrimalis (Tränenpünktchen). Jedes Punctum lacrimale liegt auf einem kleinen erhöhten Bindegewebssockel (Papilla lacrimalis) und ist die Öffnung eines Tränenkanälchens (Canaliculus lacrimalis), der zum Saccus lacrimalis führt.

Abb. 8.276



Hauptmerkmale des Gesichts. Vorderer Bereich von Kopf und Hals einer Frau.

Der Saccus lacrimalis befindet sich in der Fossa lacrimalis an der medialen Seite der Orbita. Vom Saccus lacrimalis wird die Tränenflüssigkeit über den Ductus nasolacrimalis in den unteren Nasengang geleitet.

Äußeres Ohr

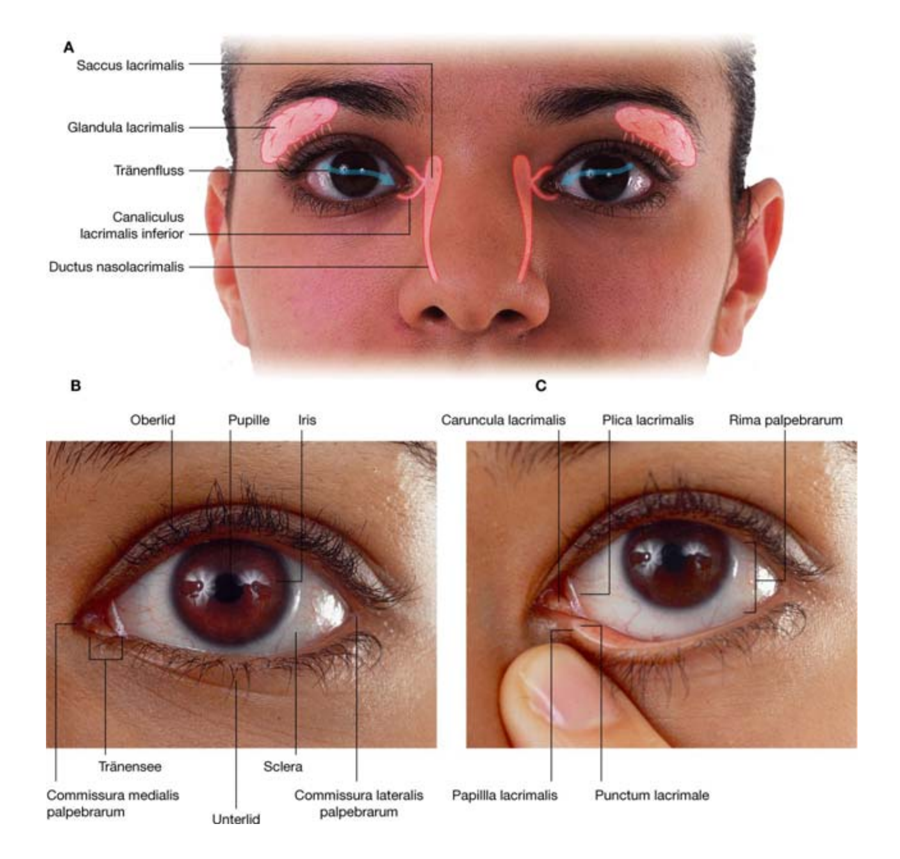
Das äußere Ohr (Abb. 8.278) besteht aus der Orhmuschel (Auricula) und dem äußeren Gehörgang (Meatus acusticus externus). Die Ohrmuschel besteht aus elastischem Knorpel und ist von Haut bedeckt. Der äußere Gehörgang befindet sich nahe dem Vorderrand der Ohrmuschel.

Die Ohrmuschel besitzt charakteristische Vertiefungen, Wölbungen und Falten. Der umgeknickte äußere Rand heißt Helix und endet kaudal als Ohrläppchen (Lobulus auriculae). Eine kleinere Falte (die Antihelix) verläuft parallel zum Rand der Helix und wird durch eine Vertiefung (Fossa scaphoidea) von ihr getrennt.

Der Tragus ist ein kleiner Wulst am vorderen unteren Rand des äußeren Gehörgangs. Auf der gegenüberliegenden Seite des Tragus und am Ende der Antihelix befindet sich eine weitere Wölbung, der Antitragus. Die Vertiefung zwischen Tragus und Antitragus heißt Incisura intertragica.

1057
1058

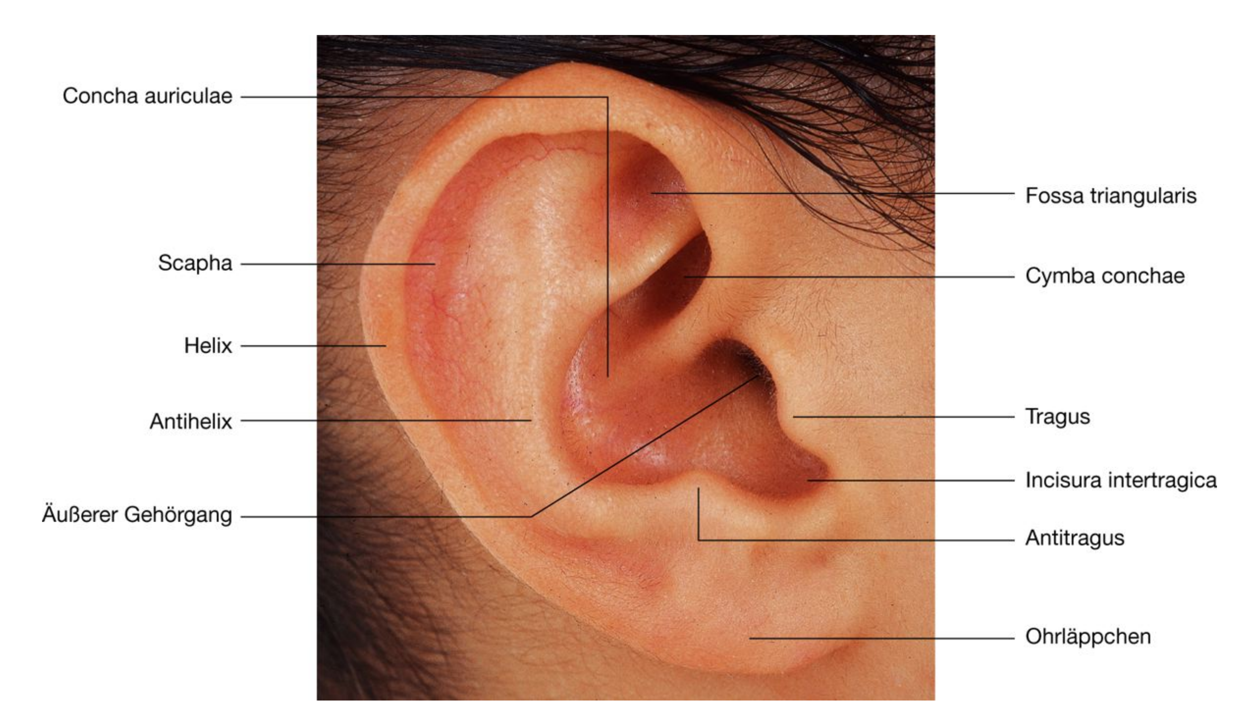
Abb. 8.277



Auge und Tränenapparat. **A**. Gesicht einer Frau. Tränenapparat und Tränenfluss sind markiert. **B**. Linkes Auge und angrenzende Strukturen. **C**. Linkes Auge mit heruntergezogenem Unterlid zur Darstellung der Papilla lacrimalis und des Punctum lacrimale.

1058

Abb. 8.278



Äußeres Ohr. Ansicht auf das rechte Ohr einer Frau von lateral.

Die tiefste Einbuchtung heißt Concha auriculae, wird von der Antihelix gestützt und führt in den äußeren Gehörgang. Andere Vertiefungen sind die Fossa triangularis und die Cymba conchae.

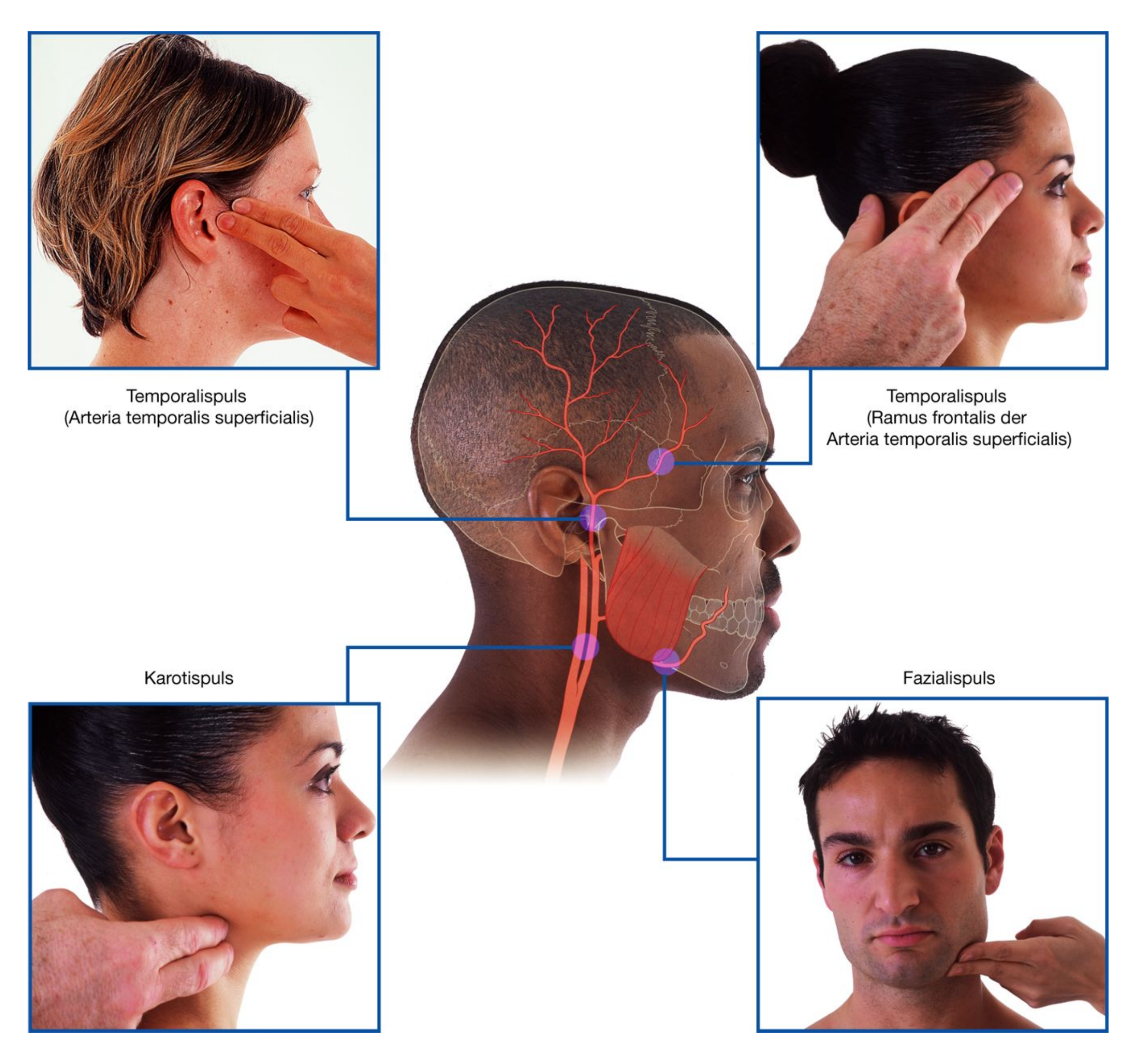
Tastbare Pulse

Am Kopf und am Hals kann an vier verschiedenen Punkten der arterielle Puls getastet werden (Abb. 8.279):

- Karotispuls: Der Puls der Arteria carotis communis oder der Arteria carotis externa kann im vorderen Halsdreieck palpiert werden. Es ist einer der deutlichsten Pulspunkte des Körpers. Der Puls kann getastet werden, indem man entweder die Arteria carotis communis dorsolateral des Kehlkopfs ertastet oder die Arteria carotis externa direkt lateral des Pharynx auf halber Strecke zwischen dem Oberrand des Schildknorpels und dem Cornu majus ossis hyoidei palpiert.
- Fazialispuls: Der Puls der Arteria facialis kann direkt am Unterrand des Musculus masseter, an der Stelle, an der die Arterie die Mandibula überquert, getastet werden.
- Temporalispuls: Die Arteria temporalis superficialis kann über dem Kiefergelenk vor der Ohrmuschel getastet werden.
- Temporalispuls: Der Ramus frontalis der Arteria temporalis superficialis kann hinter dem Processus zygomaticus des Os frontale palpiert werden. Er zieht lateral der Fascia temporalis zu den anterolateralen Bereichen der Kopfhaut. Bei einigen Personen ist der Puls der Arteria temporalis superficialis durch die Haut sichtbar.

1060

Abb. 8.279



Tastbare Pulse an Kopf und Hals.

1060
1061

Klinische Fälle

Fall 1

Knotenstruma

Eine 50-jährige übergewichtige Patientin stellt sich wegen Heiserkeit und Stridor (geräuschvoller Atmung) beim Arzt vor. Sie ist auch aufgrund der zunehmenden Vergrößerung ihres Halses beunruhigt. Bei der Untersuchung fällt eine Bradykardie (langsame Puls-frequenz; 45 Schläge pro Minute) auf. Der Tastbefund ergibt eine ungleichmäßige, knotige Vergrößerung im vorderen, unteren Halsabschnitt, die die Luftröhre nach rechts verlagert hat.

Es wird die klinische Diagnose Knotenstruma bei Hypothyreose (Schilddrüsenunterfuktion) gestellt.

Die Vergrößerung der Schilddrüse ist durch den Versuch der Schilddrüse bedingt, durch die Gewebezunahme mehr Schilddrüsenhormone zu produzieren, da eine verminderte Produktion von Schilddrüsenhormonen vorliegt. Die Schilddrüse durchläuft aktive und ruhende Perioden. Dabei kann es zur Ausbildung von Schilddrüsenknoten kommen, die teilweise solide (fest), teilweise aber auch zystisch (Kolloidzysten) sind. Die Knoten bestehen teilweise aus Bindegewebe. Andere Gründe für eine Knotenstruma können Iodmangel oder in besonderen Fällen auch Medikamente sein, die den Thyroxinstoffwechsel und die Thyroxinproduktion beeinflussen. Die typische Form einer Struma ist eine schmerzlose Schilddrüsenvergrößerung. Sie kann sowohl glatt als auch knotig sein und reicht in manchen Fällen sogar bis in das obere Mediastinum (Struma retrosternalis).

Bei der Patientin ist die Luftröhre verschoben.

Die Vergrößerung der Schilddrüse muss bei einer Knotenstruma nicht zwangsläufig symmetrisch sein. Im vorliegenden Fall ist es zu einer signifikanten, asymmetrischen Vergrößerung des linken Schilddrüsenlappens gekommen, der die Trachea nach rechts verschoben hat.

Die Patientin hat darüber hinaus eine heisere Stimme und einen Stridor.

Ist die Vergrößerung der Schilddrüse sehr groß, kann die Trachea so stark komprimiert werden, dass während der Inspiration ein pfeifendes Geräusch entsteht (Stridor).

Andere mögliche Ursachen für Heiserkeit sind eine Lähmung der Stimmfalten durch einen durch die Struma komprimierten linken Nervus laryngeus recurrens. Ferner können maligne Veränderungen der Schilddrüse, die direkt den Nervus laryngeus recurrens zerstören, zu Heiserkeit führen. Glücklicherweise sind bösartige Schilddrüsenveränderungen selten.

Werden so geringe Mengen Thyroxin produziert, dass es zu einer Verminderung des Grundumsatzes kommt, sind die Patienten anfälliger für Infektionen, beispielsweise des Halses und/oder des oberen Respirationstrakts.

Bei der Untersuchung der Patientin wird festgestellt, dass sich die Schilddrüse während des Schluckaktes bewegt.

Meist kommt es im Rahmen einer Schilddrüsenvergrößerung zu einer ein- oder beidseitigen Vergrößerung des Halses seitlich der Trachea. Die vergrößerte Schilddrüse bewegt sich während des Schluckens, weil sie über ihre Organfaszie mit der Organfaszie des Kehlkopfs verbunden ist. Da sie vergrößert ist, lassen sich die Mitbewegungen beim Schlucken gut tasten. Man lässt daher den Patienten bei der Tastuntersuchung schlucken.

Die Patientin hat eine Hypothyreose.

Eine Hypothyreose beschreibt einen klinischen und biochemischen Zustand, bei dem die Schilddrüse weniger aktiv ist als normalerweise (eine Hyperthyreose beschreibt hingegen eine

Überfunktion der Schilddrüse). Haben Patienten eine vergrößerte Schilddrüse, zeigen aber keine klinischen oder biochemischen Veränderungen, spricht man von einer Euthyreose.

Da das Hormon Thyroxin den Grundumsatz kontrolliert, führt ein erniedrigter Thyroxinspiegel zu einer Verminderung des Grundumsatzes mit Verminderung des Ruhepulses (Bradykardie), Gewichtszunahme trotz gleichzeitigen Appetitmangels, Obstipation (Verstopfung) und nicht selten auch zu Antriebslosigkeit und Depressionen.

Die Patientin im vorliegenden Fall besteht auf einer Operation.

1061

1062

Nachdem sie über mögliche Risiken und Komplikationen aufgeklärt worden ist, wird eine subtotale Thyreoidektomie (Schilddrüsenentfernung) durchgeführt. Nach dem Eingriff klagt die Patientin über Kribbeln in Händen, Füßen und um den Mund herum sowie über krampfartige Kontraktionen in den Händen und Füßen. Diese Symptome sind typisch für eine Tetanie (neuromuskuläre Übererregbarkeit) und durch einen zu niedrigen Kalziumserumspiegel bedingt.

Die Ursache für den niedrigen Kalziumspiegel sind Verlust, Verletzungen, Einblutungen und Quetschungen der vier Nebenschilddrüsen, die nach der Operation im Körper verblieben sein sollten (daher subtotale Thyreoidektomie). Offensichtlich hat die Entfernung einer so großen Schilddrüse zu Veränderungen innerhalb der Nebenschilddrüsen geführt, die nicht mehr einwandfrei arbeiten. Die Sekretion des Parathormons sank postoperativ erheblich ab und verursachte eine Überempfindlichkeit der peripheren Nerven, Karpopedalspasmen (Krämpfe in Händen und Füßen) und ein Kribbeln im Bereich des Mundes. Durch Beklopfen des Nervus facialis [VII] vor der Glandula parotidea können bei der Patientin Muskelzuckungen des Gesichts ausgelöst werden (Chvostek-Zeichen).

Die Patientin erholt sich aber innerhalb der nächsten 24 h von den durch den niedrigen Kalziumspiegel ausgelösten Symptomen.

Auf der Normalstation wird die Patientin auf oral einzunehmendes Thyroxin eingestellt. Dies ist nach einer subtotalen Schilddrüsenentfernung notwendig, da kaum noch Schilddrüsengewebe vorhanden ist, das Schilddrüsenhormone bildet.

Die Patientin klagte auch über Heiserkeit.

Die Heiserkeit war durch eine Kompression des Nervus laryngeus recurrens sinister bedingt.

Der Nervus laryngeus recurrens liegt dicht an der Schilddrüse. Bei schwierigen chirurgischen Eingriffen kann er verletzt werden und somit zu einer unilateralen Stimmlippenlähmung führen. Dies erklärt auch die heisere Stimme.

Seit der Thyreoidektomie und dem Beginn der Thyroxinsubstitutionstherapie hat die Patientin abgenommen und keine weiteren Beschwerden gehabt.

Fall 2

Sialolith im Ductus parotideus

Ein 25-jähriger Patient klagt über eine deutliche Schwellung vor seinem rechten Ohr, die jeweils vor und während der Mahlzeiten auftritt. Die Schwellung ist ziemlich schmerzhaft. Bei der Tastuntersuchung werden eine Druckempfindlichkeit der Glandula parotidea sowie eine Verhärtung in der bukkalen Mundschleimhaut gegenüber dem rechten ersten oberen Molaren festgestellt.

Es wird die Diagnose eines Sialolithen (Speichelstein) im Ductus parotideus gestellt.

Die Bildung von Speichelsteinen ist keine Seltenheit, allerdings ist die seromuköse Glandula submandibularis wesentlich häufiger betroffen als die rein seröse Glandula parotidea, da ihr Sekret zähflüssiger ist und ihr Ausführungsgang vom Boden der Mundhöhle nach kranial führt. Trotzdem können sich auch in der Glandula parotidea und im Ductus parotideus Speichelsteine bilden. Interessanterweise treten die meisten Speichelsteine der Glandula submandibularis und der Glandula parotidea bei Patienten mit außerordentlich guter Zahn- und Mundhygiene auf.

Bei dem Patienten wird eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt.

Dabei ist der Stein gut sichtbar. Ferner erkennt man eine Dilatation am distalen Ende des rechten Ductus parotideus. Die Untersuchung der Drüse ergibt erweiterte Ausführungsgänge innerhalb der Drüse (Abb. 8.280). Sonographie und Tastbefund weisen ferner auf eine Lymphadenopathie in den die betreffende Drüse drainierenden Lymphknoten hin.

Es wird ein Abstrich im Mündungsbereich des Ductus parotideus gemacht, und der Patient wird zunächst mit einem Antibiotikum behandelt.

1062

1063

Man wählt ein Breitbandantibotikum, da noch nicht feststeht, welche Erreger die Entzündung hervorgerufen haben.

Um den Stein zu entfernen, ist ein operativer Eingriff notwendig.

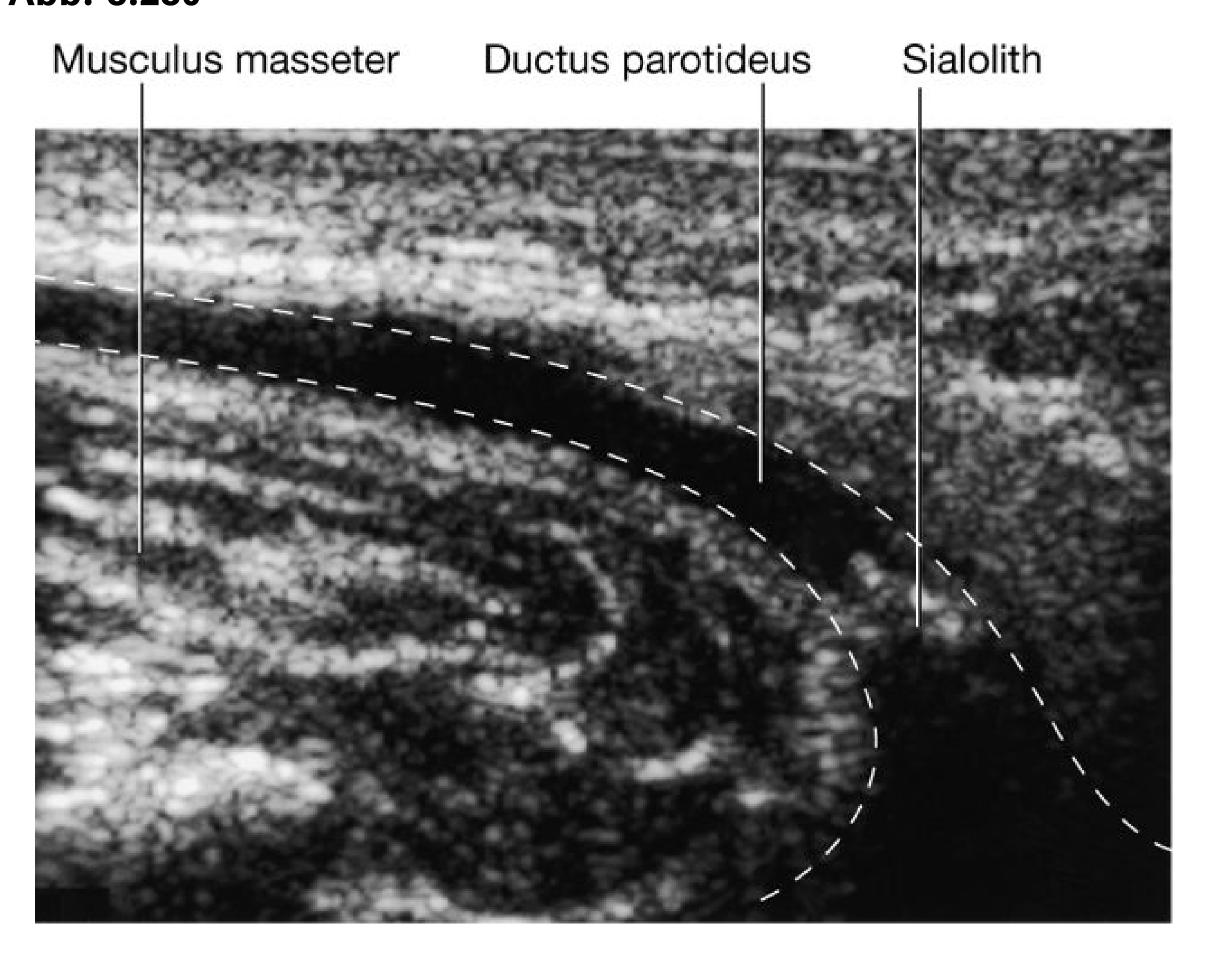
Da sich der Stein am distalen Ende des Ductus parotideus befindet, erscheint es logisch, einen kleinen Schnitt durch den Musculus buccinator entlang dem Gang in der Mundschleimhaut zu machen, so den Stein zu entfernen und den normalen Abfluss aus der Glandula parotidea wiederherzustellen.

Leider ist es im vorliegenden Fall durch den schon seit längerer Zeit bestehenden chronischen Rückstau und die bakterielle Superinfektion zu einer ausgeprägten Schädigung des Drüsenparenchyms gekommen. Ferner hat die Ultraschalluntersuchung der Drüse zahlreiche weitere kleinere Speichelsteine im Ausführungsgangsystem der Drüse ergeben. Auf die direkte Befragung des Patienten stellt sich heraus, dass dieser innerhalb der letzten vier bis fünf Jahre schon häufiger Schwellungen der Glandula parotidea bemerkt hat, es aber nicht für nötig befunden hat, damit beim Arzt vorstellig zu werden. Man entscheidet sich dazu, die Drüse chirurgisch zu entfernen.

Der Patient stimmt der Entfernung der Glandula parotidea und dem damit verbundenen Risiko einer Fazialisparese zu.

Innerhalb der Drüse teilt sich der Nervus facialis [VII] in seine fünf Endäste. Im Rahmen der Operation wird die Drüse freigelegt, und es wird eine vorsichtige Entfernung des Drüsenparenchyms um die Fazialisäste herum vorgenommen. Die Operation wird im vorliegenden Fall durch die chronische Entzündung der Drüse erschwert. Obwohl es postoperativ zu einer leichten Lähmung des rechten Mundastes kommt, erholt sich der Nervus facialis nach dem Eingriff gut.

Abb. 8.280



Sonogramm (axiale Ansicht) eines Speichelsteins im dilatierten Ductus parotideus.

Fall 3

Epiduralblutung

Ein 33-jähriger Mann wird auf der Driving Range (Übungsplatz beim Golfen) von einem Golfball (Querschläger) an der rechten Seite des Kopfes getroffen. Der Mann fällt sofort bewusstlos zu Boden, kommt aber nach 30 s wieder zu sich, ist ansprechbar und hat außer Schmerzen und einem Hämatom an der Schläfenregion keine weiteren Einschränkungen. Er entscheidet sich für eine kurze Pause und setzt sich an den Spielfeldrand, um sich zu erholen. Innerhalb der nächsten Stunde wird er extrem schläfrig, ist bald auch nicht mehr ansprechbar und wird auf dem schnellsten Wege ins Krankenhaus gebracht.

Als er im Krankenhaus ankommt, ist seine Atmung flach und unregelmäßg, sodass er intubiert werden muss. Eine Röntgenaufnahme des Schädels zeigt eine Fraktur im Bereich des Pterions. Bis auf das Hämatom im Bereich der Schläfe sind keine weiteren Traumata sichtbar.

Außer dem Röntgenbild wird auch ein CT angefertigt.

Auf dem CT-Bild ist ein linsenförmiges Areal hoher Dichte innerhalb der Schädelhöhle sichtbar.

Es wird die Diagnose Epiduralhämatom gestellt.

1063

1064

Frakturen im Bereich des Pterions sind besonders gefährlich. Die Arteria meningea media teilt sich an dieser Stelle auf der Schädelinnenseite und kann bei äußeren Schädelverletzungen dieser Region schnell verletzt werden und reißen. Im vorliegenden Fall ist es zu einem Riss der Arteria meningea media gekommen. Dabei entstand eine arterielle Blutung mit Ausbildung eines großen Epiduralhämatoms.

In der Folge kommt es zum Blutdruckanstieg bei dem Patienten.

Aufgrund der intrakraniellen Raumforderung wird das Gehirn komprimiert, und der intrakranielle Druck steigt an. Der zunehmende Druck komprimiert die Hirngefäße und senkt so den zerebralen Perfusionsdruck. Um einen Ausgleich herbeizuführen, versucht der Körper, durch eine Erhöhung des Blutdrucks die zerebrale Perfusion wieder zu verbessern. Leider führt dies zu einer weiteren Zunahme der Epiduralblutung. Zusätzlich bildet sich durch den hohen intrakraniellen Druck ein Hirnödem aus, das den Druck weiter in die Höhe treibt.

Der Patient kann nur durch eine Operation gerettet werden.

Es werden in der Folge operativ Bohrlöcher um den Bereich des Hämatoms gesetzt, sodass das Epiduralhämatom ausgeräumt werden kann. Die verletzten Äste der Arteria meningea media werden verödet, und der Patient verbringt einige Tage auf der Intensivstation. Glücklicherweise bilden sich alle initialen Ausfallerscheinungen bei dem Patienten nach kurzer Zeit wieder zurück.

Fall 4

Stenose der Arteria carotis interna

Eine 60-jährige Patientin stellt sich aufgrund akuter rechtsseitiger Schwäche, die schon seit 24 h besteht und besonders die obere Extremität betrifft, vor. Ihr geht es inzwischen wieder etwas besser, allerdings ist sie sehr besorgt und möchte, dass der Hausarzt der Ursache auf den Grund geht.

Der Hausarzt diagnostiziert eine transitorische ischämische Attacke (TIA).

Eine TIA ist eine neurologische Störung, die sich innerhalb von 24 h zurückbildet und Symptome eines Schlaganfalls aufweist. Dauern die neurologischen Ausfallerscheinungen länger an, bilden sich aber innerhalb von drei Wochen komplett zurück, spricht man von einem PRIND, einem prolongierten reversiblen ischämischen neurologischen Defizit.

Dauern die neurologischen Ausfallerscheinungen länger als 21 Tage an, spricht man von einem manifesten Schlaganfall.

Der Hausarzt überweist die Patientin an einen Neurologen, der den Grund für die TIA abklärt.

85% aller Schlaganfälle sind Folgen eines Hirninfarkts, von denen die meisten durch eine Embolie bedingt sind.

Es wird eine Duplex-Doppler-Sonographie der Karotiden durchgeführt.

Die meisten Emboli entstehen durch Plaques an der Karotisgabel oder im linken Herzvorhof bei Vorhofflimmern. Emboli bestehen aus Thrombozytenaggregationen, Cholesterin sowie atheromatösen Zelltrümmern.

Die Hirnläsion befindet sich auf der rechten Seite.

Der motorische Kortex der gesamten linken Körperseite befindet sich im rechten motorischen Bereich des Gehirns, der im Gyrus precentralis lokalisiert ist.

Die Duplex-Doppler-Sonographie ergibt eine deutliche Stenose der linken Arteria carotis interna mit Plaque-ansammlungen und abnormem Blutfluss in dieser Region. Die Verengung beträgt ungefähr 90%.

Die Behandlung erfordert eine Operation, die man als Endarteriektomie (Beseitigung der Stenose und der atheromatösen Plaques) der Arteria carotis bezeichnet. Das Verfahren ist bei einer ulzerösen Plaque mit Stenose indiziert und wird unter Vollnarkose mit einem Bogenschnitt an der rechten Halsseite durchgeführt. Arteriae carotis communis, carotis externa und carotis interna werden freigelegt. Anschließend werden die Gefäße mit Klammern befestigt, und zwischen Arteria carotis communis und Arteria carotis interna wird ein Shunt gelegt, um den zerebralen Blutfluss während der Operation aufrechtzuerhalten. Die Arteria carotis interna wird eröffnet, und die Plaques werden entfernt.

1064

1065

Der Patientin geht es nach der Operation sehr gut, und sie leidet unter keinen weiteren zerebralen Ausfallerscheinungen. Trotzdem beobachtet ein junger Famulant die Patientin am folgenden Tag und weist darauf hin, dass die Patientin eine veränderte Hautsensibilität unterhalb der Mandibula auf der Operationsseite sowie Sprachprobleme hat. Eine erneute ausgiebige Untersuchung zeigt Veränderungen der Sensibilität des linken weichen Gaumens, ein adduziertes linkes Stimmband, die Unfähigkeit, die linke Schulter anzuheben, und eine nach links abweichende Zunge.

Die Ursache dieser Verletzungen liegt in einer lokalisierten Nervenläsion.

Die Konstellation der neurologischen Defizite kann durch die Läsion von Nerven, die sich dicht an der Karotisgabel befinden, erklärt werden. Die Veränderungen der Hautsensibilität entstehen durch eine Neurapraxie der Äste des Plexus cervicalis. Die Veränderungen der Sensibilität des weichen Gaumens entstehen durch Neurapraxie des Nervus glossopharyngeus [IX]. Das adduzierte linke Stimmband resultiert aus einer Neurapraxie des Nervus laryngeus recurrens, und die Ursache für die Unfähigkeit, die linke Schulter zu heben, ist in der Neurapraxie des

Nervus accessorius [XI] zu suchen. Das Abweichen der Zunge liegt an einer Verletzung des Nervus hypoglossus [XII].

Die meisten der Schäden bilden sich wieder zurück und sind hauptsächlich auf eine Überdehnung der betroffenen Nerven während der Operation zurück-zuführen.

Fall 5

Aneurysma der Arteria communicans posterior

Eine 33-jährige sportliche und gesunde Frau stellt sich mit Diplopie (Doppeltsehen) und Schmerzen hinter dem rechten Auge vor. Sie weist keine weiteren Symptome auf. Bei der Untersuchung des rechten Auges fallen eine erweiterte Pupille und eine leichte Ptose auf. Die Untersuchung der Augenbewegungen ergibt eine nach unten und auswärts gerichtete Blickrichtung und das Fehlen des Pupillenreflexes.

Die Befunde weisen darauf hin, dass die Patientin eine ipsilaterale Lähmung des dritten Hirnnervs hat (Nervus oculomotorius [III]).

Der Nervus oculomotorius [III] ist der motorische Hauptnerv der äußeren Augenmuskeln. Er hat sein Kerngebiet im Mittelhirn, tritt hier aus und zieht durch die Dura mater in die laterale Wand des Sinus cavernosus. Der Nervus oculomotorius [III] verlässt die Schädelhöhle und tritt durch die Fissura orbitalis superior in die Orbita ein. Innerhalb der Fissur teilt er sich in einen oberen und einem unteren Anteil.

Die Seite der Nervenläsion muss bestimmt werden.

Bei Ausfall des dritten Hirnnervs kann der Nucleus nervi oculomotorii [III] mit beteiligt sein. Er ist für die Verengung der Pupille verantwortlich und besitzt keine Schmerzfasern. Der Pupillenreflex wird über autonome Fasern aus dem Nucleus Edinger-Westphal geleitet, die durch das Ganglion ciliare ziehen.

Die Läsion kann nicht primär im Nucleus nervi oculomotorii [III] liegen.

Da sowohl der Pupillenreflex als auch die Sicht eingeschränkt sind, ist es wahrscheinlich, dass sich die Läsionsstelle entlang dem Verlauf des Nervus oculomotorius [III] befindet. Gesundheitsveränderungen wie Diabetes mellitus oder Gefäßkrankheiten können Schäden am Nervus oculomotorius [III] verursachen, die allerdings keine Schmerzen auslösen.

Die Läsion wird durch ein Aneurysma verursacht.

Einer der häufigsten Gründe für eine Okulomotoriusparese ist Druck auf den Nerven durch ein Aneurysma der Arteria communicans posterior, die im vorderen Anteil des Hirnstamms parallel zum Nerv verläuft. Wenn das Aneurysma den Nervus oculomotorius [III] komprimiert, sind die parasympathischen Fasern betroffen. Dies führt dazu, dass es eher zu einem Ausfall der Pupillomotorik kommt als zum generellen Ausfall.

1065

1066

Das Aneurysma wird mittels Angiogramm dargestellt.

Die Patientin wird zuerst mithilfe von CT und MRT untersucht. Die aktuelle Methode zur Darstellung von Aneurysmen im Bereich des Circulus arteriosus Willisii und dessen Ästen ist die digitale Subtraktionsangiographie (DSA). Das Angiogramm zeigt die Ausprägung des Aneurysmas der Arteria communicans posterior. Die Patientin wird nach Diagnosestellung operiert. Der post-operative Verlauf gestaltet sich komplikationslos; die Symptomatik bildet sich zurück.

Fall 6

Häufiges Nasenbluten

Ein zehnjähriger Junge wird beim HNO-Arzt aufgrund von Epistaxis (Nasenbluten) vorgestellt. Die Blutung hat eine habituelle Ursache, ist allerdings sehr stark und musste schon zweimal im Krankenhaus mit einer Nasentamponade behandelt werden.

Bei der Untersuchung fällt eine verhärtete Stelle auf.

Typisch sind verhärtete Stellen im vorderen Bereich der Nasenscheidewand (Locus Kiesselbachi). Dieser Bereich ist stark vaskularisiert und kann bei manueller Reizung („Nasebohren; Popeln“) verletzt werden.

Der Patient wird behandelt.

Eine typische Behandlung ist die Verödung der blutenden Gefäße am Locus Kiesselbachi durch bipolare Koagulation.

Leider gerät der Junge am folgenden Tag in eine Schlägerei auf dem Schulhof und wird deswegen erneut wegen starken Nasenblutens vorgestellt, das allerdings dieses Mal nicht durch bipolare Koagulation behandelbar ist.

Die Blutversorgung des Locus Kiesselbachi erfolgt durch Äste der Nasenscheidewand aus den Arteriae ethmoidales posterior und anterior sowie über Äste der Arteria palatina major. Zusätzliche Äste kommen aus der Arteria labialis superior.

In den meisten Fällen erfolgt eine konservative Behandlung.

Zur konservativen Behandlung gehören normalerweise eine Nasentamponade bis zur Stillung der Blutung sowie die Korrektur von Blutungsanomalien. Für Patienten, bei denen trotz medizinischer Behandlung die Blutung nicht gestoppt werden kann, gibt es andere Möglichkeiten wie beispielsweise eine Ligatur der Arteria sphenopalatina.

Glücklicherweise kann im Fall des Jungen die Blutung durch eine zweitägige Nasentamponade gestoppt werden, ohne ein Gefäß unterbinden zu müssen.

1066

1067

Fall 7

Komplikationen einer Orbitafraktur

Ein 35-jähriger Mann erhält bei einer Prügelei einen Schlag auf die linke Orbita. Er wird mit Doppelbildern in die Notaufnahme eingeliefert.

Die Doppelbilder befinden sich nur in einer Ebene.

Die Untersuchung der Orbita ergibt, dass sich das rechte Auge nach Aufforderung nicht nach oben drehen lässt. Ferner liegen generelle Einschränkungen der Augenmotorik vor. Die spezifische Untersuchung des Musculus rectus lateralis (Nervus abducens [VI]), des Musculus obliquus superior (Nervus trochlearis [IV]) und der restlichen Augenmuskulatur (Nervus oculomotorius [III]) ergibt keinen nennenswerten Befund.

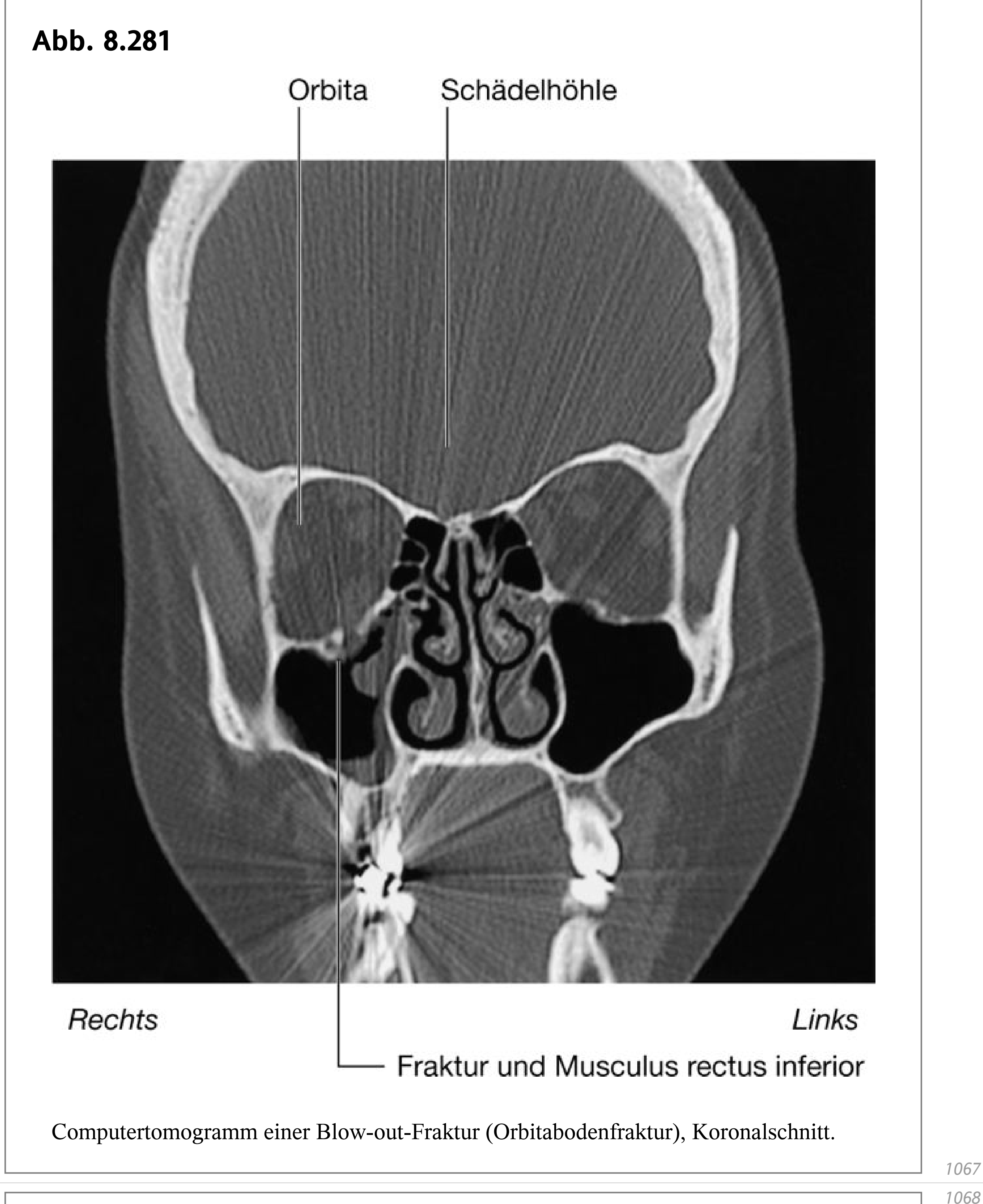
Es wird ein CT angefertigt.

Das CT der Gesichtsknochen zeigt eine Blow-out-Fraktur (Orbitabodenfraktur; Abb. 8.281).

Bei aufmerksamer Betrachtung der CT-Bilder sieht man, dass der Musculus rectus inferior auf der linken Seite mit einem Knochenfragment nach kaudal gezogen wurde. Dies ist die Ursache dafür, dass der Patient nach Aufforderung nach oben zu schauen, zwar mit dem rechten Auge nach oben blicken kann, mit dem linken allerdings nicht, da der Musculus rectus inferior fixiert ist.

Der Patient wird operiert, um das kleine Knochenfragment und den Musculus rectus inferior wieder an ihren Ursprungspositionen zu platzieren. Im Rahmen der Nachuntersuchungen zeigt der Patient keinerlei Auffälligkeiten.

Abb. 8.281



Computertomogramm einer Blow-out-Fraktur (Orbitabodenfraktur), Koronalschnitt.

1067

1068

Fall 8

Stammhirntumor

Ein 30-jähriger Mann stellt sich aufgrund zunehmender Kopfschmerzen vor, die morgens noch schlimmer sind. Er beklagt ebenfalls ein Verschwommensehen und eine unspezifische Veränderung seiner motorischen Fähigkeiten.

Die Untersuchung des Patienten durch einen Medizinstudenten ergibt keine signifikanten motorischen oder sensiblen Auffälligkeiten, obwohl der Student gründlich ist und sämtliche Hirnnerven überprüft.

Die ophthalmologische Untersuchung ergibt eine deutliche Stauungspapille des Nervus opticus.

Es wird ein erhöhter intrakranieller Druck festgestellt, und ein CT wird angefertigt.

Das CT-Bild zeigt dilatierte Seitenventrikel und einen dilatierten dritten Ventrikel; der vierte Ventrikel ist normal.

Daraufhin wird ein Hydrocephalus diagnostiziert, und die Vermutung wird geäußert, dass es sich um eine Unterbrechung der inneren Liquorräume auf Höhe des Aqueductus cerebri handelt, da der vierte Ventrikel nicht betroffen ist (Verschlusshydrocephalus).

Ein MRT wird angefertigt.

Das MRT wird mit intravenösem Kontrastmittel angefertigt und zeigt eine kleine Verdichtung des Mittelhirns in der Nähe des Aqueductus cerebri. Damit ist die Diagnose eines Stammhirntumors gesichert, und der Patient kann behandelt werden.

Die Befunde des Medizinstudenten und die Lokalisation des Tumors stehen in keinem direkten Zusammenhang.

Abhängig von der Lokalisation einer Obstruktion im Ventrikelsystem kommt es zu Dilatationen. Befindet sich die Obstruktion im Bereich eines Foramen Monroi (Foramen interventriculare), erweitert sich nur ein Seitenventrikel. Ist die Obstruktion im Bereich des Aqueductus lokalisiert, dann erweitern sich Seitenventrikel und dritter Ventrikel. Die Apertura mediana sowie die Aperturae laterales des vierten Ventrikels werden selten blockiert. Eine weitere Obstruktionsstelle können die Arachnoidalzotten darstellen. Bei einer Obstruktion kann hier kein Liquor mehr zurückresorbiert werden. In solchen Fällen ist der Druck des Liquor cerebrospinalis um das Gehirn herum erhöht und verursacht eine Stauungspapille, die man opthalmoskopisch sehen kann.

Ein Ophthalmologe (Augenarzt) untersucht das Auge.

Mit Ausnahme der Stauungspapille ist das Auge normal. Der Student hat bei diesem Patienten gelernt, dass man bei der vorliegenden Anamnese auch immer den Augenhintergrund mit beurteilen muss. Wichtig war, dass der Tumor gefunden wird und der Patient entsprechend behandelt werden kann. Das Erlernen der Ophthalmoskopie ist schwierig und erfordert viel Übung.

1068

Fall 9

Hypophysenadenom

Eine 30-jährige Frau stellt sich aufgrund langjähriger Amenorrhö (Ausbleiben der Regelblutung) und Galaktorrhö (Milchfluss) bei ihrem Arzt vor. Sie ist nicht schwanger und scheint fit und gesund zu sein.

Der Serumprolaktinspiegel wird gemessen.

Prolaktin ist ein Hormon, das in der Hypophyse produziert wird und postpartal für die Milchproduktion notwendig ist. Das Hormon ist deutlich erhöht.

Weitere klinische Untersuchungen zeigen Gesichtsfeldausfälle.

Die Patientin wird zu einem Augenarzt überwiesen, der eine Untersuchung des Gesichtsfeldes durchführt und feststellt, dass im Bereich der temporalen Gesichtsfelder ein Ausfall vorliegt. Die Ausfälle sind bilateral und symmetrisch (bitemporale Hemianopsie).

Die Sehbahn kann nun zur Lokalisation der Läsion verwendet werden.

Die visuelle Information beider temporaler Gesichtsfelder wird auf die nasalen Retinaareale projiziert. Von hier werden die Informationen über Neurone geleitet, die in der Mitte des Chiasma opticum auf die Gegenseite kreuzen.

Die Läsion befindet sich im Bereich des Chiasma opticum.

Jede Schädigung des Chiasma opticum verursacht bitemporale Gesichtsfeldausfälle. Tumoren des Chiasma opticum sind selten, allerdings können Gliome auftreten. Der häufigste Grund für eine bitemporale Hemianopsie sind Tumoren in der Nähe des Chiasma opticum, die die kreuzenden Neurone komprimieren.

Ein Hypophysentumor wird diagnostiziert.

Das Chiasma opticum befindet sich sehr nahe an der Hypophyse. Die Tatsache, dass die Patientin stark erhöhte Mengen Prolaktin produziert (Hypophysentumor) und es einen Funktionsverlust im Chiasma opticum gibt, spricht dafür, dass ein exophytisch wachsender Hypophysentumor das Chiasma opticum komprimiert.

Ein MRT-Bild wird angefertigt, auf dem ein großer Tumor (Makroadenom) der Hypophyse sichtbar ist.

Mithilfe einer medikamentösen Therapie schrumpft der Tumor. Die endokrinologischen Folgeerscheinungen der vermehrten Prolaktinsekretion hören ebenfalls auf.

Es werden Kontrolluntersuchungen durchgeführt.

In den folgenden Jahren schrumpft der Tumor weiter.

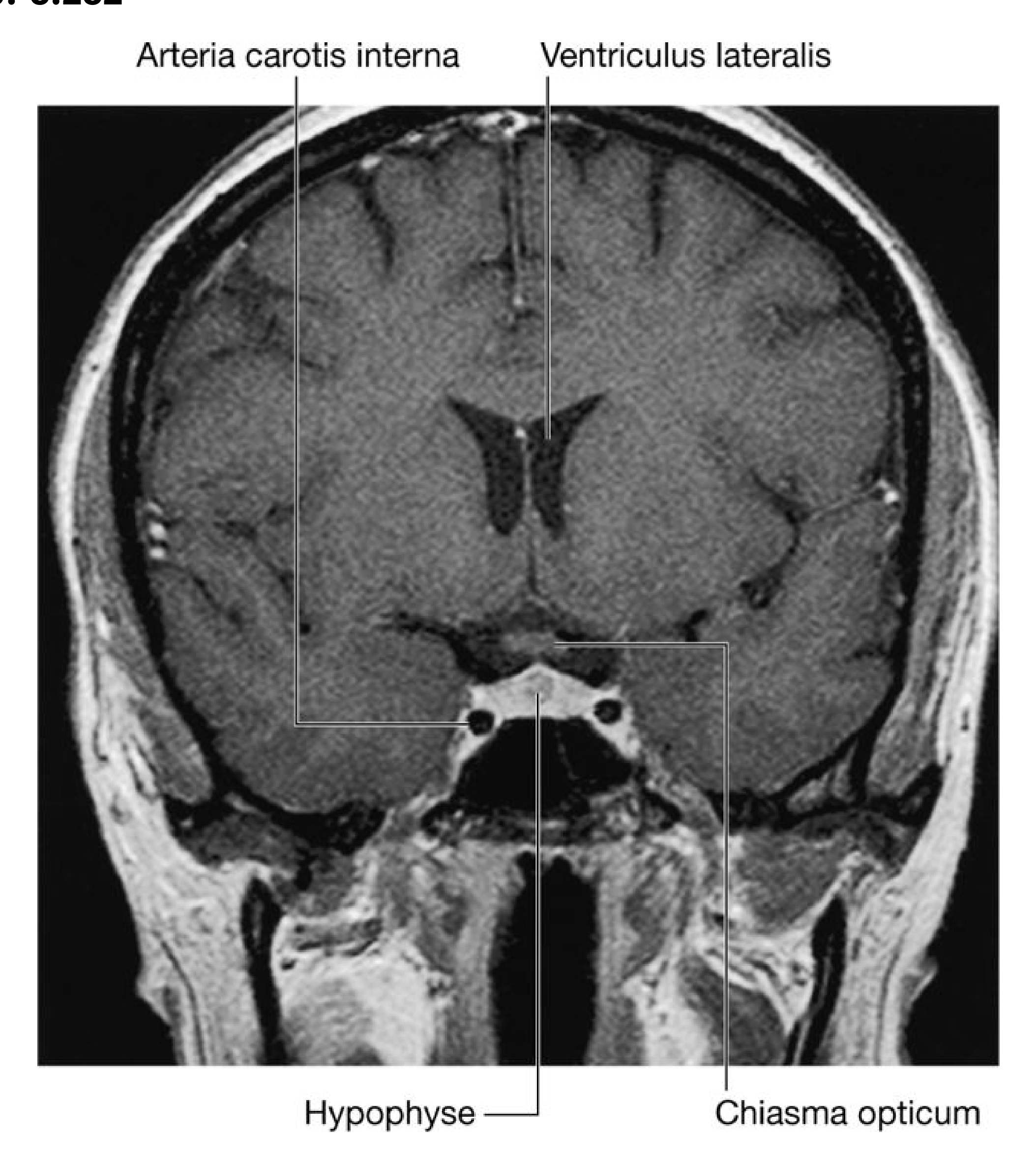
Leider beginnt die Prolaktinsekretion erneut anzusteigen, sodass die Patientin operiert werden muss (Abb. 8.282).

Es wird ein transsphenoidaler Eingriff durchgeführt.

Mit höchster Sorgfalt werden einige sehr dünne Instrumente durch die Nasenhöhle in den Sinus sphenoidale geführt. Der Knochen wird durchbohrt, und über diesen Zugang wird die Hypophyse entfernt.

Besondere Aufmerksamkeit wird dem Sinus cavernosus beidseits der Hypophyse gewidmet, da hier die Arteria carotis interna, der Nervus oculomotorius [III], der Nervus trochlearis [IV], der Nervus trigeminus [V] und der Nervus abducens [VI] hindurchziehen. Ferner wird intraoperativ auf die Arteria carotis interna und den Nervus opticus geachtet, die jeweils rechts und links in der Sinuswand (Sinus sphenoidalis) lokalisiert sind.

Abb. 8.282



Koronares MRT-Bild eines Hypophysenadenoms.

10 kurze Fragen

1.

F: **Ein Patient kommt mit schweren Verletzungen am Kopf, Hals und Bauch in die Notaufnahme. Er hat einen hohen Blutdruck und einen niedrigen Puls. Hat er eine innere Blutung?**

A: Es besteht kein Zweifel, dass der Patient eine große Menge Blut verloren hat, die auch okkult sein kann (innere Blutung). Trotzdem ist vor allem der hohe Blutdruck problematisch, der wahrscheinlich eine sekundäre, physiologische Reaktion auf eine raumfordernde Läsion innerhalb des Schädels ist. Ein CT ist dringend notwendig, um die Größe der interkraniellen Strukturen beurteilen und die Ursache der Raumforderung (wahrscheinlich ein Hämatom) finden zu können, die den Hypertonus verursacht.

2.

F: **Eine Patientin weist nach einem Trauma im Bereich des Foramen stylomastoideum eine akute Lähmung der unteren rechten Gesichtshälfte auf. An welchen Stellen wird die Patientin über einen Sensibilitätsverlust klagen?**

A: Ihr Sensibilitätsverlust befindet sich in einem kleinen Hautareal im Bereich des äußeren Gehörgangs. Sensorische Veränderungen sind untypisch, da sich die Läsion normalerweise distal des Abgangs der Chorda tympani befindet (man darf hier die sensorischen Versorgungsgebiete des Nervus facialis [VII] nicht mit denen des Nervus trigeminus [V] verwechseln).

3.

F: **Welche Wörter können nach einer Tracheotomie nicht mehr ausgesprochen werden?**

A: Nach einer Tracheotomie kann ein Patient überhaupt nicht mehr sprechen, da keine Luft mehr durch den Kehlkopf strömt. Heutzutage gibt es allerdings Sprechkanülen, die den Patienten bei Bedarf die Luftstromzuleitung in Richtung Kehlkopf ermöglichen.

4.

F: **Ein Patient gibt nach Exzision der Glandula submandibularis auf der rechten Seite des Halses ein Taubheitsgefühl im Bereich des rechten Kinns unterhalb des Ramus mandibulae an. Warum?**

A: Leider hat der Chirurg Äste des Nervus mandibularis [V_3] verletzt, die dicht unterhalb des Ramus mandibulae entlangziehen.

5.

F: **Ein Mann hat nach einem Schlag auf die Nase einen konstanten Verlust klarer Flüssigkeit. Warum?**

A: Eine schwere Nasenverletzung kann die Lamina cribrosa frakturieren. Jede Fraktur der Lamina cribrosa führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Ruptur der Meningen und folglich zum Austritt von Liquor cerebrospinalis. Um eine bakterielle Infektion und so eine Meningitis zu vermeiden, muss die Liquorrhö behandelt werden.

6.

F: **Ein 50-jähriger Mann kann nach einer radikalen Neck-Dissection (Halslymphknotenausräumung mit Entfernung des Musculus sternocleidomastoideus) im lateralen Halsdreieck die Schulter nicht mehr heben. Warum?**

A: Leider hat der Chirurg auch den Nervus accessorius [XI] mit entfernt oder zumindest durchtrennt, der für das Heben der Schulter zuständig ist.

7.

F: **Ein Mann stellt sich mit einseitiger Schall-leitungsschwerhörigkeit vor. Die Untersuchung des Ohres ergibt eine schmerzlose Flüssigkeitsansammlung hinter dem Trommelfell. Was sollte als Nächstes untersucht werden?**

A: Der Nasopharynx sollte bei Patienten mit Schallleitungsschwerhörigkeit immer mituntersucht werden. Leider ergab die Untersuchung dieses Patienten ein Nasopharynxkarzinom, das bereits in die Tuba auditiva infiltriert war.

8.

F: **Ein Patient stellt sich mit Hörverlust, Tinnitus (Ohrgeräuschen), einem verminderten Kornealreflex und Gleichgewichtsstörungen vor. Wo befindet sich die Nervenläsion?**

A: Da der Patient keine weiteren Ausfallerscheinungen hat, befindet sich die Läsion höchstwahrscheinlich am Nervus vestibulocochlearis [VIII]. Die häufigste Ursache für eine solche Symptomatik ist ein Akustikusneurinom, ein langsam wachsender, gutartiger Tumor der Schwann-Zellen.

1070

1071

9.

F: **Ein Patient wird mit einem bilateralen Verschluss der Arteria carotis interna bei Arteriosklerose vorstellig. Wie werden die Frontallappen bei diesem Patienten arteriell versorgt?**

A: Das Blut strömt über die Arteriae vertebrales, Äste der Arteriae subclaviae, in die Arteria basilaris. Die Arteria basilaris teilt sich in die Arteriae cerebrales posteriores, aus denen die Arteriae communicantes posteriores abgehen. Über die Arteriae

communicantes posteriores gelangt das Blut nicht nur in die Arteriae cerebri mediales sondern auch in die Arteriae cerebri anteriores (Circulus arteriosus Willisii).

10.

F: **Warum kommt es bei einem Patienten mit schnell ansteigendem Hirndruck zu einer Pupillenerweiterung?**

A: Durch den ansteigenden intrakraniellen Druck wird der Nervus oculomotorius [III] gegen die Pars petrosa des Os temporale gedrückt. Die autonomen Fasern, die für die Reaktionen der Pupillen zuständig sind, liegen sehr oberflächlich im Nerv und sind deswegen zuerst betroffen.

1071

Anhang

Index

Schlüssel zu den Kursen „Bewegungsapparat“ und „Schädel“

An vielen Fakultäten werden im Rahmen des Curriculums die Kurse „Bewegungsapparat“ und „Schädel“ angeboten. Um ein einfaches Auffinden der für die Kurse relevanten Strukturen inklusive klinischer Beispiele zu ermöglichen, sind im Folgenden die entsprechenden Strukturen mit zugehörigen Kapiteln und Seitenzahlen angegeben. Da die Rotatorenmanschette meistens auch im Kurs „Bewegungs apparat“ behandelt wird, wurde sie als einzige Muskelgruppe auch hier aufgenommen.

Struktur	Kapitel	Seiten
Wirbelsäule		
Allgemeine Beschreibung und Funktion des Rückens	2	14–16
Übersicht Knochen der Wirbelsäule, Aufbau eines typischen Wirbels	2	17–18
Wirbel, Wirbelsäule	2	26–38
Gelenke, Diarthrosen, Synarthrosen, Gelenke zwischen den Rückenwirbeln	2	38–45
Bandapparat der Wirbelsäule	2	45–49
Brustkorb, Rippen, Brustbein		
Allgemeine Beschreibung und Funktion	3	104–107
Skelettelemente des Brustkorbs, Brustwirbel, Rippen, Brustbein, Gelenke, Bänder; Klinik	3	121–128
Bewegungen der Brustwand bei der Atmung	3	139–140
Becken		
Knochen, Gelenke, Bänder; Klinik	5	389–398
Öffnungen der Beckenwand, Beckenräume und Geburtskanal, Beckenmaße	5	400–402
Ausrichtung des Beckens, knöcherne Landmarken	5	469–471
Übergang zur unteren Extremität, Acetabulum; Klinik	6	500–503
Untere Extremität		
Allgemeine Beschreibung und Funktion, Knochen, Gelenke	6	486–492
Übergang zur unteren Extremität, ***Hüftgelenk, Oberschenkel:*** Knochen (Acetabulum, proximales Femur), Bänder, Biomechanik; Klinik	6	500–513
Kniegelenk: Knochen	6	534–538
Kniegelenk: Menisken, Bänder, Retinacula; Klinik	6	554–563
Articulatio tibiofibularis	6	564
Unterschenkel: Knochen (Tibia, Fibula), Membrana interossea cruris	6	565–568
Fuß: allgemeine Beschreibung, Knochen (Ossa tarsi, Ossa metatarsi, Phalangen), Gelenke, Bänder, Retinacula, Fußgewölbe, Plantaraponeurose; Klinik	6	580–596
Obere Extremität		
Allgemeine Beschreibung und Funktion, Knochen, Gelenke	7	630–635
Schultergelenk: Knochen (Clavicula, Scapula, proximaler Humerus), Gelenke, Bänder; Klinik	7	645–655
Schultergelenk: Muskeln der Rotatorenmanschette (Musculi supraspinatus, infraspinatus, teres minor)	7	659–660
Schultergelenk: Muskeln der Rotatorenmanschette (Musculus subscapularis)	7	670–671
Ellenbogengelenk: Knochen (Schaft und distales Ende des Humerus, proximale Enden von Radius und Ulna)	7	690–694
Ellenbogengelenk: Bänder; Klinik	7	704–708
Unterarm: Knochen (Radiusschaft und distales Ende des Radius, Ulnaschaft und distales Ende der Ulna, Gelenke, Membrana interossea antebrachii, Pronation und Supination	7	711–715
Hand: Knochen (Ossa carpi, Ossa metacarpi, Phalangen), Gelenke, Canalis carpi, Palmaraponeurose, Dorsalaponeurose; Klinik	7	732–743
Schädel		
Allgemeine Beschreibung Kopf und Hals, Funktionen, Os hyoideum	8	778–785
Schädelknochen, Foramina, hindurchtretende Strukturen, Bildgebung; Klinik	8	794–811
Fossa temporalis und Fossa infratemporalis, Mandibula, Kiefergelenk, Bewegungen	8	905–914